DAS SONNENSYSTEM NACH DEM GEGENWÄRTIGEN ZUSTANDE DER...

Hermann Joseph Klein

Digitized by Google

GIFT OF
J. O. Hirschfelder

Dr. Jos. D. Hirschfelder

HANDBUCH

DER ALLGEMEINEN

HIMMELSBESCHREIBUNG

VOM STANDPUNKTE

DER KOSMISCHEN WELTANSCHAUUNG

DARGESTELLT VON

HERMANN J. KLEIN.

DAS SONNENSYSTEM,

NACH DEM

GEGENWÄRTIGEN ZUSTANDE DER WISSENSCHAFT.

MIT DREI TAFELN ABBILDUNGEN.

ZWEITE VERBESSERTE AUFLAGE.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1871.

Digitized by Google

DAS

SONNENSYSTEM

NACH DEM

GEGENWÄRTIGEN ZUSTANDE

DER

WISSENSCHAFT,

VOM

STANDPUNKTE DER KOSMISCHEN WELTANSCHAUUNG

DARGESTELLT VON

HERMANN J. KLEIN.

MIT DREI TAFELN ABBILDUNGEN.

ZWEITE VERBESSERTE AUFLAGE.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1871.

Digitized by Google

UNIV. OF CALIFORNIA

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache, sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

Digitized by Google

VORBEMERKUNG.

Bei Ausarbeitung des vorliegenden Werkes habe ich mir die Aufgabe gestellt, eine vollständige Darstellung des gegenwärtigen Zustandes unserer Kenntnisse von der physischen Constitution des Sonnensystems zu geben. Als Vorbild wurde hierbei die classische Darstellung betrachtet, welche vor 19 Jahren Alexander von Humboldt im astronomischen Bande des Kosmos von demselben Gegenstande gab.

Man weiss, dass gegenwärtig mehrere der dort von Humboldt entwickelten Ansichten unhaltbar geworden sind; anderseits haben alle Theile der astronomischen Wissenschaft in ihrer Anwendung auf den hier behandelten Gegenstand solche Erweiterungen erfahren, dass der Versuch einer neuen, nach einem erweiterten Plane angelegten Darstellung keineswegs ungerechtfertigt erscheinen dürfte. In wie weit es gelungen, das vorgesteckte Ziel zu erreichen, muss dem Urtheile des Kenners anheimgegeben werden. Ich habe keine Mühe und keine Verbindung mit der Nähe und Ferne gescheut, um in meinem Werke allenthalben die zuverlässigsten Daten liefern zu können.

Der Kenner wird leicht herausfinden, was und wie viel in dem Buche neu ist und in welchen Punkten mich die aufmerksame Untersuchung des sämmtlichen vorhandenen Materials von der gewöhnlichen Ansicht abweichen liess. Ich habe mich allenthalben bestrebt,

47545 1

Digitized by Google

das Geschichtliche unserer Kenntnisse zwar kurz, aber möglichst vollständig zu geben und so Gelegenheit gefunden, mancher im Allgemeinen fast vergessenen Thatsache wieder zu gedenken. In anderen Fällen wurde Einzelnes als stehender Irrthum erkannt, das in astronomischen Werken selbst von bedeutenden Autoren ziemlich gedankenlos immer von Neuem wiederholt wird.

Das vorliegende Werk ist, da es seiner Natur nach analytische Entwicklungen ausschliesst, für Jeden verständlich, der den astronomischen Elementar-Anschauungen nicht eben fremd geblieben, wenngleich es als wissenschaftliches Handbuch populäre Erläuterungen ausschliesst.

Wenn, wie ich hoffe, der Beifall des Publicums meiner Arbeit ermunternd zur Seite steht, so gedenke ich als zweiten Theil die Topographie des Fixsternhimmels, des wichtigsten Feldes astronomischer Forschung, nachfolgen zu lassen.

Cöln.

Der Verfasser.

Digitized by Google

VORWORT ZUR ZWEITEN AUFLAGE.

Die überaus günstige Aufnahme, welche das vorliegende Werk beim wissenschaftlichen Publicum gefunden hat, war für den Verfasser ein Sporn, dasselbe bei dieser zweiten Auflage durch Einreihung des neu Erforschten möglichst auf der Höhe des dermaligen Zustandes der Wissenschaft zu erhalten. Der Verfasser verhehlt sich nicht, dass sein Werk noch mancher Verbesserungen bedarf, wenn es dem Ziele, das er sich gesteckt, auch nur einigermaassen nahe kommen soll; aber die gegenwärtigen Zeitverhältnisse machen es jedem Deutschen zur Pflicht, seine Hauptthätigkeit einem andern Gebiete zuzuwenden. Ich bitte meine wissenschaftlichen Freunde, dies zu berücksichtigen, wenn sie finden sollten, dass ich manche ihrer dankenswerthen Winke und Rathschläge nicht so berücksichtigt habe, als dieselben verdienten. Ich hoffe das Versäumte später, wenn nicht mehr Wissenschaft und Kunst unter den ehernen Schritten des Krieges darnieder liegen, nachholen zu können.

Cöln, im Juli 1870.

Der Verfasser.

Digitized by Google

INHALTSVERZEICHNISS.

Allgemeine Einleitung . . . . . Seite 1 bis 6.

Die Sonne. Einleitung. Vier Methoden zur Bestimmung der Entfernung des Sonnenmittelpunktes vom Erdcentrum. Historisches über die Bestimmung der Sonnenparallaxe. Resultate der neuesten Zeit. Winkeldurchmesser der Sonne. Volum, Masse und mittlere Dichte derselben. Rotation der Sonne. Historisches über die Entdeckung derselben. Die Sonnenflecke. Eigenbewegung derselben, schon von Scheiner erkannt. Carrington's Beobachtungen der mittleren täglichen Bewegung der Flecke nach Faye's Rechnungen. Rotationselemente der Sonne nach Spörer. Von früheren Astronomen erhaltene Werthe derselben. Gestalt der Sonnenflecke nach Spörer. Grosse Sonnenflecke. Die Flecke sind nicht bezüglich ihrer Häufigkeit auf zwei bestimmte Zonen beschränkt, wohl aber bezüglich ihrer grössten Ausdehnung. Charakteristik der kleinen Flecke. Spörer's Untersuchungen über die Eigenbewegungen der Flecke einer und derselben Gruppe. Rotirende Bewegung einzelner Sonnenflecke. Historisches hierüber. Dauer der Flecke. Periodisches Auftreten derselben. Tafel der Beobachtungen Schwabe's von 1826 bis 1867. Wolff's Untersuchungen. Bestimmung der sogenannten Relativzahlen der Häufigkeit der Flecke. Wolff's Tafel der Sonnenflecke und der magnetischen Declinations-Variation von 1749 bis 1860. Maxima und Minima der Häufigkeit. Die Hauptperiode der Sonnenflecken. Ueber den Einfluss des oberen Planeten auf die Grösse der Sonnenflecke. Lichtintensität der Sonnenflecke. Die Sonnenfackeln. Ihre Vertheilung auf der Sonnenoberfläche. Periodicität derselben nach den Beobachtungen von Weber. Zusammenhang zwischen Flecken und Fackeln . . . . . Seite 7 bis 18.

Die physische Beschaffenheit der Sonnenoberfläche. Ansichten der Alten. Meinung von Galilei, Cassini, Lalande, Lahire und Derham. Wilson's Theorie. Herschel's Erläuterungen zu Wilson's Hypothese. Definitionen Arago's. Brewster's Einwürfe. Bedenken gegen die Theorie Wilson's. Untersuchungen von Kirchhoff und Bunsen. Spörer's Beobachtungen. Die Sonne brennt . . . . . Seite 18 bis 27.

Die Sonnenfinsternisse. Aelteste Erwähnung derselben. Allgemeiner Zustand der Erleuchtung bei totalen Sonnenfinsternissen nach den historischen Berichten. Die Corona. Aelteste Erwähnung derselben. Neuere Beobachtungen. Farbe ihres Lichtes. Sichtbarkeit des dunkeln Mondrandes ausserhalb der Sonnenscheibe. Erklärung dieser Erscheinung. Die Protuberanzen. Beobachtungen derselben bei den verschiedenen Sonnenfinsternissen. Erklärungen, die man darüber aufgestellt hat. Die Sonnenatmosphäre. Secchi's Ansichten über den physikalischen Zustand der Sonne. Ergebnisse der Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868. Nimmt der Durchmesser der Sonne successive ab? Ueber die mögliche Abnahme des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme. Verdunkelungen der Sonne in historischer Zeit. Liais' Beobachtung eines derartigen Phänomens. Ueber die Licht- und Wärmestrahlung verschiedener Theile der Sonnenoberfläche. Nervander's Untersuchungen über diesen Punkt. Untersuchungen von Buys-Ballot und Lamont. Versuche

Digitized by Google

von Henry und Alexander über die Wärmestrahlung der Sonnenflecke. Herschel's und Gantier's Arbeiten über diesen Gegenstand. Die scheinbare Helligkeit verschiedener Theile der Sonnenscheibe. Einfluss der Sonne auf den Erdmagnetismus. Anhang: Ueber die Mittel, die Sonnenbeobachtungen zu erleichtern . . . . . Seite 27 bis 49.

Das Zodiakallicht. Erste Wahrnehmung dieser Erscheinung. Winkelausdehnung des Zodiakallichtes in den verschiedenen Monaten des Jahres. Beide Hälften des Phänomens können bisweilen an einem und demselben Tage wahrgenommen werden. Wechselvolle Helligkeit der Erscheinung zu verschiedenen Zeiten. Theorie des Zodiakallichtes. Das Thierkreislicht ist wahrscheinlich ein, innerhalb der Mondbahn um die Erde circulirender Nebelring. Der Gegenschein des Zodiakallichtes. Schluss . . . . . Seite 50 bis 55.

Merkur. Benennung und Synonym dieses Planeten. Ueber die Existenz eines intramerkurialen Planeten. Sichtbarkeit des Merkur mit blossem Auge. Bahnelemente dieses Planeten. Phasen des Merkur. Sein Durchgang vor der Sonnenscheibe. Wahre Grösse des Merkur. Masse desselben. Umdrehungsdauer. Individuelle Eigenthümlichkeiten seiner Oberfläche. . . . . Seite 56 bis 61.

Venus. Benennung und Synonym dieses Planeten. Bahnelemente desselben. Der grösste Glanz der Venus. Historische Bemerkungen hierüber. Messungen des Venusdurchmessers. Flecke auf diesem Planeten und Rotation desselben. Historisches hierüber. Beobachtungen über die Venusberge. Unregelmässige Gestalt der Hörner der Venussichel. Dämmerungsphänomene, von Schröter, Herschel und Secchi beobachtet. Das phosphorische (secundäre) Licht der Venus. Historisches über die Beobachtung desselben. Olbers' und Herschel's Erklärung dieser Erscheinung. Kritik dieser Theorie und Vorschlag zu einem Versuche, das Phänomen häufiger wahrzunehmen. Historisches über den Venusmond. Spectralanalytische Untersuchung des Venuslichtes. Die Venusdurchgänge. Elemente der beiden Durchgänge von 1874 und 1882. Seite 62 bis 74.

Die Erde. Einleitung. Siderische Umlaufszeit der Erde und mittlere Distanz derselben von der Sonne. Ermittlung der letzteren durch Messung der Lichtgeschwindigkeit in kurzen Distanzen. Bestimmungen der Aberrations-Constante. Galilei's Versuche zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit. Fizeau's und Foucault's Experimente. Bahnelemente der Erde. Ihre Rotation. Zunahme der mittlern Tageslänge. Historisches über diese Frage.

Die Messungen der Grösse und Gestalt der Erde. Versuche der Alten. Messungen der Neuzeit. Tafel der Breitengrad-Messungen. Längengradmessungen. Das Bessel'sche Sphäroid. Pendelmessungen. Tafel der Erddimensionen unter Voraussetzung einer Abplattung von $^1/_{289}$. Abplattung der Erde aus den Mondgleichungen berechnet. Theoretische Bestimmungen der Erdabplattung. Ursachen der Erdabplattung nach Mohr und Bischof. Einwürfe gegen diese Theorien. Bestimmungen der mittleren Dichte der Erde in ihrer historischen Reihenfolge.

Die Atmosphäre. Die genaue Ermittlung der chemischen Zusammensetzung der Lichthülle ist für den Astronomen keineswegs gleichgültig. Dichte und Masse der Luft. Sphäroidale Gestalt der atmosphärischen Umhüllung. Höhe der Erdatmosphäre. Schmidt's neuere Untersuchungen über diesen Punkt. Die Refraction. Historisches über die Refractionstheorie. Laplace's und Bessel's Arbeiten hierüber. Dispersion der Luft. Untersuchungen über die Extinction des Lichtes in der Atmosphäre. Seidel's Extinctionstafel. Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes . . . . . Seite 75 bis 99.

Der Mond der Erde. Historisches über die Versuche zur Bestimmung der Mondparallaxe. Grösste Annäherung des Mondes an die Erdoberfläche. Elemente der Mondbahn. Ueber die seculare Variation der mittlern Mondlänge. Wahre Gestalt des Mondes. Seine Grösse und Oberfläche. Volum und Masse. Historische Entwicklung unserer Kenntnisse von der Mondoberfläche. Wichtigkeit der Photographie für selenographische Aufnahmen. Helligkeit des Mondlichtes. Historisches über die Versuche, diese Aufgabe zu lösen. Scheinbare Helligkeit der verschiedenen Mondphasen. Allgemeine Farbe des Mondlichtes.

Digitized by Google

Färbung einzelner Theile der Oberfläche dieses Satelliten. Ueber die Wärmestrahlung des Mondlichtes. Das aschfarbige Licht. Historisches über die Theorie dieser Erscheinung. Ueber die wahre Farbe des secundären Mondlichtes Seite 100 bis 112.

Die Mondoberfläche. Areal der dunkeln Flecke. Die universale Form der Gegenstände auf der Mondoberfläche ist die kreisförmige. Vertheilung der Wallebenen und Ringgebirge. Doppelte Gebilde dieser Art. Höhenverhältnisse der vorzüglich bemerkenswerthen Ringgebirge. Die Mondkrater. Ueber diejenigen Gebirgssysteme des Mondes, welche mit denjenigen der Erde Aehnlichkeit besitzen. Welches sind die höchsten Berge des Mondes? Ueber die Veränderungen, welche die Mondoberfläche, seit sie beobachtet wird, erlitten hat. Historisches über diesen Gegenstand. Die Rillen. Erklärung derselben. Anzahl der Rillen nach Schmidt's neuesten Beobachtungen. Mangel des Wassers auf der Mondoberfläche. Untersuchungen über die Existenz einer Mondatmosphäre. Welches sind die kleinsten Gegenstände, die wir noch deutlich auf der Oberfläche des Mondes erkennen können? Allgemeine Weltstellung des Mondes . . . . . Seite 112 bis 126.

Die Mondfinsternisse. Historisches. Vergrösserung des Schattenhalbmessers. Allgemeine Erscheinungen bei Mondfinsternissen. Historisches. Die sogenannten horizontalen Finsternisse . . . . . Seite 126 bis 128.

Ueber den Einfluss des Mondes auf die Erde. Die atmosphärische Mondfluth. Sie kann nicht sowohl durch das gewöhnliche Barometer, als vielmehr durch das Aneroid nachgewiesen werden. Tafel der atmosphärischen Gezeiten. Einfluss des Mondes auf die Windrichtung. Einfluss auf das Wetter im Allgemeinen und auf die Regenmenge. Des Mondes Einfluss auf den Erdmagnetismus. Tafel der magnetischen Gezeiten. Herschel's Ansichten über den Einfluss des Mondes auf die Bewölkung. Zusammenstellung einer Anzahl neuerer Beobachtungen über diesen Gegenstand. Einfluss des Mondes auf die Häufigkeit der Erdbeben . . . . . Seite 128 bis 134.

Mars. Benennung und Synonym dieses Planeten. Seine Farbe. Bahnelemente dieses Planeten. Helligkeit des Lichtes desselben. Messungen des scheinbaren Marsdurchmessers. Wahre Grösse und Masse des Planeten. Ueber die Abplattung des Mars. Historische Aufzählung der Versuche, die Marsrotation zu bestimmen. Definitive Bestimmung derselben durch Professor Kaiser. Die Marsflecke. Zwei Arten derselben: unveränderliche und periodische, erstere gehören der festen Oberfläche an, letztere sind Producte der Meteoration. Verschiedene Ausdehnung der Polarflecke je nach der Jahreszeit. Secchi's Untersuchungen der Marsflecke. Wolken auf diesem Planeten. Die Marsatmosphäre. Weltstellung dieses Planeten. Unmöglichkeit der Existenz eines Marsmondes . . . . . Seite 135 bis 140.

Die Asteroiden. Einleitung. Historisches. Tafel der jetzt bekannten Asteroiden nach der Reihenfolge ihrer Auffindung. Tafel der Bahnelemente der kleinen Planeten. Einige allgemeine Verhältnisse zwischen den halben grossen Axen und den Excentricitäten und Neigungen der Asteroiden. Planetoidenpaare. Olbers' Vermuthung über den Ursprung der kleinen Planeten. Lichtwechsel und Farben einzelner Asteroiden. Ihre wahre Grösse kann aus ihrer scheinbaren Helligkeit berechnet werden. Tafel der Durchmesser der Asteroiden. Ueber die Gesammtmasse der Planetoiden . . Seite 141 bis 154.

Jupiter. Benennung und Synonym. Bahnelemente dieses Planeten. Scheinbare und wahre Durchmesser. Abplattung. Volum und Masse. Scheinbare Helligkeit. Historisches über die Wahrnehmung dunkler Streifen und Flecke auf der Jupitersscheibe. Zwei Arten von Streifen. Anzahl der letzteren. Helle Aequatorealzone Jupiters. Die Flecke. Ableitung der Rotationsperiode aus denselben. Eigenbewegungen der Flecke nach den Beobachtungen von Schröter, Mädler und Schmidt. Frühere Erklärungsversuche der Streifen und Flecke Jupiters. Arago's Theorie. Einwürfe dagegen. Jahreszeiten auf dem Jupiter.

Historisches über die Jupitersmonde. Sind diese Monde dem blossen Auge sichtbar? Einwürfe gegen Arago's Erklärung. Gesetze der Abstände

*

Digitized by Google

der Jupitersmonde vom Centrum ihres Hauptplaneten. Relation zwischen den synodischen Umlaufszeiten dieser Trabanten. Die Laplace'schen Gesetze. Der erste Jupitersmond. Bahnelemente und Masse desselben. Seine Grösse und Farbe. Gesetz seiner Helligkeitsschwankungen. Die Albedo dieses Mondes ist jener des Jupiter gleich. Der zweite Jupitersmond. Bahnelemente und Masse desselben. Seine scheinbare und wahre Grösse. Seine Farbe und periodischen Helligkeitsschwankungen. Der dritte Jupitersmond. Bahnelemente und Masse desselben. Scheinbarer und wahrer Durchmesser. Farbe. Helligkeitswechsel. Flecke auf der Scheibe dieses Mondes. Der vierte Jupitersmond. Bahnelemente und Masse. Durchmesser. Farbe und Helligkeitsschwankungen dieses Mondes. Schluss . . . . . Seite 155 bis 166.

Saturn. Benennung und Synonym. Helligkeit und erste Sichtbarkeit nach der Conjunction. Bahnelemente dieses Planeten. Messungen des Saturndurchmessers. Abplattung. Volum und Masse des Saturn. Die Streifen dieses Planeten. Historisches hierüber. Rotation des Saturn. Ueber die angebliche Sichtbarkeit einer Saturnatmosphäre.

Das Saturnsystem ist das reichste aller Partialsysteme unserer Sonne. Die Ringe dieses Planeten. Historisches. Neigung der Ringebene gegen die Ekliptik nach den älteren Beobachtungen. Die Cassini'sche Theilung. Der Ring ist heller als der Planet. Dimensionen des Ringsystems nach Bessel und Struve. Excentrische Lage gegen den Saturnsmittelpunkt. Historisches über diese Wahrnehmung. Dicke des Ringsystems. Rotationsdauer desselben. Beobachtungen über das scheinbare Verschwinden einer Ringanse. Schröter's Beobachtungen einer Nicht-Rotation. Olber's Erklärung derselben. Peirce's Untersuchungen über den liquiden Zustand der Ringe. Periodische Trennungen. Encke's Theilung. Bond's dunkler Ring. Secchi's neuere Untersuchungen. Ansichten Struve's. Masse des Ringsystems. Secchi's spectroskopische Untersuchungen des Saturn. Die Saturnsmonde. Reihenfolge derselben nach der Zeit ihrer Entdeckung. Gesetz der Abstände dieser Monde vom Centrum des Saturn.

Der erste Mond. Bahnelemente desselben. Seine Sichtbarkeit im Allgemeinen. Der zweite Mond. Seine Bahnelemente nach Mädler's Rechnung. Umlaufszeit nach Lamont. Der dritte Saturnsmond und die Elemente seiner Bahn. Der vierte Satellit. Seine Bahnelemente. Der fünfte Mond, seine Bahnelemente und Grösse nach Schröter's Schätzung. Der sechste Saturnsmond. Bahnelemente nach Bessel. Seine wahre Grösse. Siebenter Saturnsmond. Bahnelemente nach Bond. Der achte Mond. Die Elemente seiner Bahn. Periodische Helligkeitsschwankungen dieses Mondes. Herschel's und d'Arrest's Gesetze der Commensurabilität der Umlaufszeiten einzelner Saturnsmonde . . . . . Seite 167 bis 179.

Uranus. Entdeckung dieses Planeten. Erste Versuche der Bahnbestimmung. Benennung. Aeltere Beobachtungen des Uranus. Bahnelemente dieses Planeten. Scheinbare Helligkeit desselben. Messungen des Uranusdurchmessers. Abplattung. Volum und Masse des Uranus. W. Herschel's Uranussatelliten. Beobachtungen derselben von John Herschel und Lamont. Lassell's neuere Untersuchungen . . . . . Seite 180 bis 184.

Neptun. Geschichte der Auffindung dieses Planeten. Leverrier's erste Elemente. Aeltere Beobachtungen des Neptun. Newcomb's Bahnelemente. Masse des Planeten. Scheinbarer und wahrer Durchmesser des Neptun. Der Neptunstrabant. Bahnelemente desselben. Adams' Ansprüche auf Antheil an der Berechnung des Neptun. Schluss . . . . . Seite 185 bis 188.

Die Kometen. Allgemeine Einleitung. Fortschritt der Kometen-Entdeckungen seit Hevel und Bianchini. Aeltere Ansichten über die Bahnen der Kometen. Newton's und Halley's erste Bahnberechnungen. Verzeichniss aller bis jetzt erschienenen Kometen und ihrer Bahnen, so weit sie haben berechnet werden können. Anzahl der Kometen für verschiedene Jahrhunderte. Das

Digitized by Google

Sichtbarwerden der Kometen hängt bezüglich der Anzahl wahrscheinlich von Gesetzen ab, die wir noch nicht kennen. Bemerkungen von Bruhns. Helligkeit der Kometen. Ihre Sichtbarkeit mit blossem Auge bei Tage. Photometrische Messungen des grossen Juli-Kometen 1861 und des Kometen II 1862. Eigenes Licht dieser Kometen. Spectralanalyse des Kometenlichtes.

Die Kometenschweife. Ihre Lage gegen die Sonne. Zurückkrümmung der Schweife in der Bahnebene. Erbreiterung derselben. Ihre scheinbare und wahre Länge. Helle Streifen im Innern der Kometenschweife. Derjenige Schweifrand, welcher nach der Bewegungsrichtung des Kometen hingewandt ist, erscheint meist schärfer begrenzt. Rotiren die Schweife? Kometen mit mehreren Schweifen. Farben der Schweife. Helligkeitsabnahme von Sternen, die in einem Kometenschweife stehen.

Die Kometenköpfe. Gesetz ihrer Volumveränderung. Mädler's Einwürfe dagegen. Zusammenstellungen von Schmidt. Absolute Grösse einzelner Kometenköpfe. Physikalische Aenderungen, welche in denselben vor sich gehen. Bessel's Beobachtungen.

Die Kometenkerne. Dieselben zeigen nur selten planetarische Scheiben. Ihre wahre Grösse. Sind die Kerne durchsichtig? Ueber die individuelle Natur der Kometen. Schiaparelli's Untersuchungen. Identität der Bahn des Kometen III 1862 mit der Sternschnuppenbahn des 10. August. Leverrier's Untersuchung der Novembermeteore. Identität ihrer Bahn mit jener des Kometen I 1866. Weiss' Zusammenstellung von Sternschnuppenfällen und Kometen. Die Kometen sind dichte Sternschnuppenschwärme. Ausscheidungen aus den Kometenköpfen in der Sonnennähe. Was sind die Kometenschweife?

Anzahl der Kometen. Periodische Kometen. Der Encke'sche Komet. Bahnelemente desselben für die Erscheinungen seit seiner Entdeckung. Encke's widerstehendes Mittel. Biela's Komet. Entdeckung und physisches Aussehen desselben. Seine Theilung in zwei Kometen. Aeltere Beispiele der Trennung von Kometen. Abstand beider Kometenköpfe im Frühlinge 1846, derselbe Abstand im Jahre 1852. Bahnelemente des Biela'schen Kometen für das Jahr 1866. Verschwinden desselben. Ansichten der Astronomen über die Ursache dieses Verschwindens. Kometen, welche als Zwillingsgestirne angesehen werden können. Der Faye-Möller'sche Komet. Entdeckung und Aussehen. Elemente nach Möller. De Vico's Komet. Brorsen's Komet. d'Arrest's Komet. Winnecke's Komet. Der Halley'sche Komet. Tafel der Erscheinungen dieses Kometen. Aeltere Beobachtungen. Physische Eigenthümlichkeiten dieses Kometen. Elemente der nächsten Rückkehr 1910 nach Pontécoulant.

Die Kometen von mittlerer und grosser Umlaufszeit. Hyperbolische Kometenbahnen. Schluss . . . . . Seite 189 bis 262.

Die Meteorite. Einleitung. Aelteste Erwähnung der Meteorite. Historische Aufzählung berühmter Steinfälle. Der Steinfall von Ensisheim. Der Meteoritenregen von Crema. Eisenfall von Hradschina. Meteorite von Plan Strkow, Luponas, Alboreto, Lucé, Mauerkirchen, Juillac und Siena. Das Meteor von Woldottage. Das Meteor von Salés. Meteorsteinfall zu Benares. Meteoritenregen bei l'Aigle. Das Meteor von Alais. Seine chemische Untersuchung ergab das Vorhandensein organischer Materie. Meteore von Weston, Stannern, Pamplona und Charsonsville. Die Meteore von Chantonnay, Lontalax und Agra. Der Meteorit von Chassigny. Die Meteore von Jonzal und Lasdani. Meteorstein von Juvenas. Die Meteorite von Epinal, Sommer-County, Richmond, Blansko, Charavallas und Ain. Das kohlehaltige Meteor von Bokkeveld. Der Meteorit von Uden. Die Meteorsteine von Grüneberg, Chateau-Renard, Utrecht, Shalka, Mezo-Madaras, Borkut, Oesel, Petersburg, Pranallee, Petrowsk und Kakova. Das kohlige Meteor von Kaaba. Die Meteorite von Ohaba, Montréjau, Harrison-County, Giuliano-vecchio, New Concord, Oldham-County, Gross-Buschhoff und Phillistfer. Das kohlehaltige Meteor von Orgueil. Das Meteor von St. Mesmin.

Eisenmeteorite. Ihre Erkennungsmerkmale. Mineralien, welche bis jetzt in den Meteoriten sind aufgefunden worden. Rose's Classification der Meteorite. Daubrée's Eintheilung. Tafel der niedergefallenen Meteorite von genau bekannter Fallzeit.

Digitized by Google

Frühere Versuche, den Ursprung der Meteorsteine zu erklären. Ansicht des Diogenes von Apollonia, Paracelsus', Terzago's, Montanari's, Halley's und Lichtenberg's. Chladni's Darstellungen. Untersuchungen über die Frage, ob die Meteorite Mondsteine seien.

Allgemeine Charakteristik der Feuermeteore. Nicht explodirende Feuerkugeln. Rotation einzelner Meteore um eine Axe. Doppelmeteore. Lichtintensität einzelner Meteore. Farben der Feuerkugeln. Vergleichende Tafel der Feuegmeteore von J. Schmidt. Allgemeine Gestalt der am Himmel hinziehenden Meteore. Ihre Grösse. Zerspringen von Feuerkugeln ohne Detonation. Die Schweife der Meteore. Wahre Länge derselben. Ihre Form und Farben. Dauer der Schweife für das blosse Auge. Dauer und seltsame Gestaltänderungen derselben im Fernrohre. Die Schweife können keine subjectiven Erscheinungen sein.

Tafel der Höhen von wohlgemessenen Feuerkugeln beim Aufleuchten und Verschwinden. Reichenbach's Untersuchung der Wärme- und Lichterzeugung bei den Meteoren. Ziehen die Aërolithen als einzelne Massen oder als Gruppen kleiner Körper durch den Weltraum? Die Caprae saltantes. Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

Uebergang der Feuerkugeln zu den Sternschnuppen. Sporadische und periodische Sternschnuppen. Mittelzahl der sporadischen Sternschnuppen für die einzelnen Monate nach Coulvier-Gravier und Saigey Die stündliche Häufigkeit der Sternschnuppen ändert sich im Laufe der Nacht. Tafel der Sternschnuppen nach ihrer Vertheilung in jährlicher und täglicher Periode von Schmidt. Wichtigkeit der genauen Bestimmung der Radiationspunkte. Tafel der bis jetzt bekannten Radiationspunkte in den verschiedenen Zeiten des Jahres nach Heis. Radiationspunkte des südlichen Himmels. Ueber die Farben der Sternschnuppen.

Quetelet's Ansicht über die Natur der Sternschnuppen. Durchschnittliche Höhe der Meteore dieser Art je nach ihrer Helligkeit. Heis' und Secchi's Parallaxenbestimmungen mittelst des Telegraphen.

Periodische Wiederkehr grosser Sternschnuppenschwärme. Verzeichniss der historisch bekannten Sternschnuppenregen für jeden Monat des Jahres.

Sternschnuppenströme, obgleich an bestimmte Tage gebunden, erscheinen doch nicht jedes Jahr. Das Maximum der glänzendsten Erscheinungen ist auf eine kurze Zeit zusammengedrängt. Die grosse 33jährige Periode des Novemberstromes. Beobachtungen 1799 und 1833. Das Sternschnuppenphänomen im November 1866, 1867 und 1868. Bemerkungen von Boguslawski. G. A. Newton's Untersuchungen über die November-Meteore. Leverrier's theoretische Erörterungen über dasselbe. Elliptische Elemente des Novemberschwarmes nach Adams. Spectroskopische Untersuchung der Meteore 1866 durch Alexander Herschel und 1868 durch Secchi.

Frühere Meinungen über das Niederfallen gallertartiger Materie aus Sternschnuppen. Verzeichniss der glaubwürdigsten Beobachtungen dieser Art.
Schluss . . . . . Seite 263 bis 344.
Erklärung der Tafeln . . . . . Seite 345 bis 352.

Digitized by Google

UNIV. OF CALIFORNIA

EINLEITUNG.

Der Versuch einer wissenschaftlichen Darstellung dessen, was die Himmelsräume erfüllt, einer allgemeinen vergleichenden Himmelsbeschreibung, vom Standpunkte der kosmischen Weltanschauung, unterscheidet sich wesentlich von jenem einer sogenannten populären Darstellung der Astronomie. Die allgemeine Naturbeschreibung des Himmels hat es mit dem Seienden an und für sich im ungemessenen Raume zu thun, so wie mit der historischen Darstellung des Fortschritts unserer Kenntnisse hiervon. Nur in einzelnen bestimmten Fällen wird vorübergehend der Methode gedacht. Es ist aber nicht Aufgabe der physischen Himmelsbeschreibung, auf die hohe Harmonie der mechanischen Gesetze einzugehen, welche den Lauf der Weltkörper und die scheinbar verwickeltsten Perturbationen regeln. Das gehört einem besondern Theile der astronomischen Wissenschaft an, dessen Entwicklung hier fernliegt, wenngleich wichtige Resultate, wie sie sich in den mittleren Bahnelementen und ihren secularen Variationen aussprechen, in die kosmische Himmelsbeschreibung mit hinübergenommen werden.

Die Anschauungen über den Bau und die Eigenthümlichkeiten des Weltalls, welche die Gegenwart stolz ihr Eigenthum nennt, sind fast ausnahmlos das Resultat der Bemühungen von zweiunddreissig Jahrzehnten. Alles, was die Jahrtausende vorher auf astronomischem Gebiete geleistet, verschwindet in dem gegenwärtigen Zustande des Wissens neben dem, was seit Copernicus, Kepler und Newton, was seit Erfindung der Ferngläser ist errungen worden. Sondert man die planetarische Welt von dem Fixsternhimmel, also das Individuelle vom Allgemeinen, so findet sich, dass der glänzende Fortschritt auf dem letztern unermesslichen Gebiete noch von weit jüngerm Datum ist. Vor Herschel's Auftreten war die Fixsternwelt ein wüster, unbekannter Ocean, dem man nur vorübergehend Aufmerksamkeit widmete, den aber kein hinreichend bewaffnetes Auge

Digitized by Google

mit Ausdauer durchgesetzte. Positionsbestimmungen einer nicht allzu grossen Zahl meist hellerer Sterne und einige Vermuthungen über Eigenbewegungen sind neben den spärlichen Beobachtungen weniger Veränderlichen, das Hauptsächlichste, was hier geleistet worden. Zwar hatte Messier bereits begonnen, die Welt der Nebelflecke aus dem Dunkel hervorzuziehen, allein um die Wichtigkeit dieser Arbeit zu begreifen, musste erst ein Uebergang geschaffen, eine Brücke gebaut sein, die von den sporadischen und vielfachen Sternen zu dem Complexe jener Gebilde hinüberreichte. Diese Riesenarbeit begonnen und zu einem vorläufigen Abschlusse gebracht zu haben, ist das grosse Verdienst Sir William Herschel's, des grössten astronomischen Entdeckers aller Jahrhunderte. Im Beginne seiner Wirksamkeit aber war das Sonnensystem bereits durchforscht nach den verschiedensten Richtungen, und das Hauptsächlichste, was man von der planetarischen Welt wusste, war lange bekannt. Denn in dem nämlichen Jahrhunderte, in welchem das Fernrohr erfunden worden, lieferte es bereits diejenigen Resultate, mit denen fast ausschliesslich bis auf Herschel sich das folgende Säculum begnügte. Kaum war die wahre Gestalt des Saturn bekannt, als auch die Zweitheilung seines Ringes wahrgenommen wurde; man bestimmte die Umdrehungsdauer des Jupiter und Mars; wenige Jahre vergingen und mit Erstaunen vernahm die Welt von den Eisregionen des letztgenannten Planeten und von den Stürmen auf der Oberfläche des mächtigen Jupiter. Ja manches von dem, was jene alten Beobachter trotz der optischen Schwäche und der Farbenzerstreuung ihrer langen, blasrohrartigen Ferngläser wahrgenommen, ging wieder verloren und musste von der Neuzeit abermals aufgefunden werden. Dahin rechne ich: Die Eigenbewegung der Sonnenflecke, die schon Scheiner erkannte; die excentrische Stellung des Saturnringes; das Vorhandensein eines dunklen Ringes zunächst über der Oberfläche Saturns u. s. w. Herschel hat mit seinen Riesenreflectoren das meiste damals Bekannte neu untersucht und zuverlässigere Bestimmungen gegeben, als bis dahin vorlagen.

Eine neue Epoche des Fortschritts unserer Kenntnisse von dem Baue und den physischen Zuständen des Universums, beginnt mit der Vervollkommnung der Refractoren und Mikrometer. Es bedarf nur der Erinnerung an zwei Namen, Bessel und Struve, um eine Reihe der wichtigsten Arbeiten ins Gedächtniss zurückzurufen. Auf dem eingeschlagenen Wege sind, mit vervollkommten Instrumenten und Methoden, die Nachfolger vorwärts gewandert und die Fortschritte der optischen und mechanischen Kunst haben auf astronomischem Gebiete die herrlichsten Früchte getragen.

Die neueste Aera, welche eine wichtige Vervollkommnung der hier behandelten Wissenschaft bezeichnet, hebt an mit der Einführung der Chemie und Experimentalphysik in die Astronomie. Daguerre's wichtige Erfindung hat in der Vervollkommnung, welche ihr die ununterbrochenen Bemühungen der Chemiker gegeben, gegen das Licht empfind-

Digitized by Google

lichere Substanzen darzustellen, für die Astronomie die höchste Bedeutung erlangt. Nicht nur, dass die Photographie mit Glück benutzt wird, am Fixsternhimmel durch treue Wiedergabe von Doppelsternen die Messungen der Distanzen und Positionswinkel wesentlich zu präcisiren; sie hat ein vielleicht noch geeigneteres Feld in dem relativ engen Planetensysteme gefunden, wo Darstellungen der Sonnen- und Mondoberfläche in weniger als einer Secunde mit einer Genauigkeit erlangt werden, die vordem bei dem grössten Aufwande von Zeit und Mühe unerreichbar blieb. Die gewonnenen Bilder erlauben die genauesten Messungen und ertragen starke Vergrösserungen, welche eine Menge Detail erkennen lassen, ja in gewissen Fällen zu begründeten Schlüssen über Stoff-Heterogenität ferner Weltkörper führen können.

Mit der Photographie rivalisirt die Spectralanalyse bezüglich der Wichtigkeit ihrer Anwendung auf astronomischem Gebiete.

Wenn es dem Forscher bisher nur gegeben war, in dem donnernd und tosend auf den Erdboden herniederstürzenden Meteoriten die stoffliche Zusammensetzung zu erkennen; so ist gegenwärtig diese beengende Schranke gefallen und auch die stoffliche Zusammensetzung ferner Sonnen, aus Elementen, die nicht von denjenigen der Erde qualitativ verschieden sind, ist mit Glück in den Kreis des Wissens aufgenommen worden. Dank der bewundernswürdigen Entdeckung von Kirchhoff und Bunsen, wissen wir gegenwärtig mehr über die stoffliche Zusammensetzung der Fixsternwelt, wie über deren Dimensionen und Bewegungsverhältnisse. Die Spectralanalyse hat in dem unermesslichen Heere der Fixsterne bestimmte Typen erkannt, auf die sich alle Individualitäten zurückführen lassen. Wie man vordem über die Vertheilung der Fixsterne von optischem Gesichtspunkte aus Untersuchungen anstellte, so ist es der Wissenschaft von heute gegeben, die nächtlich leuchtende Sternendecke nach chemischen Gesichtspunkten zu sondern.

Das neue astronomische Hülfsmittel der chemischen Analyse hat das merkwürdige Beispiel dargeboten, dass an seiner Hand der Begründer desselben, Kirchhoff, die Unrichtigkeit der von dem Ansehen der ersten Astronomen getragenen wichtigen Lehre von den physikalischen Zuständen des Sonnenballes nachwies, ohne je am parallaktischen Instrumente die ununterbrochenen Wandlungen auf der Sonnenscheibe andauernd verfolgt zu haben. Solche Zeiten mag man gern als die Glanzpunkte einer neuen Epoche in der Anwendung physikalischer Methoden auf die beobachtende Astronomie bezeichnen.

Es würde ungerecht sein, in dieser, wenn auch sehr fragmentarischen Aufzählung, die wichtigen Vervollkommnungen zu vergessen, welche die Photometrie des Himmels erlangt hat.

Steinheil's Scharfsinn gab zuerst Mittel an die Hand, die Unsicherheit, welche selbst Herschel's astrophotometrische Methoden darboten, zu beseitigen. Seidel's Messungen bezeugen dies. Allein ein wesentlicher Fortschritt auf diesem Gebiete ist erst durch die Construction

Digitized by Google

des wichtigen Instrumentes angebahnt worden, mit welchem Zöllner seine zahlreichen und genauen Beobachtungen angestellt hat. In der Sphäre der Fixsternwelt hat dieses Instrument bereits wichtige Dienste geleistet, aber die Schlüsse, welche sich aus den gleichzeitigen Helligkeitsmessungen von Körpern des Sonnensystems ziehen lassen, sind gegenwärtig folgenreicher. Bisher war man gewohnt, den Mars als verhältnissmässig lichtschwach erscheinend zu betrachten, im Gegensatz zu den sonnenferneren grossen Planeten und ihrer lichtreflectirenden Kraft. Gegenwärtig aber ist man gezwungen, diese letzteren als Ausnahmen von der Regel anzusehen. Die mittlere lichtreflectirende Kraft des Mars ist etwa derjenigen des weissen Sandsteines gleich, während sie bei den äusseren Planeten jene des Spiegelmetalls noch übertrifft und 0,7 von der des frisch gefallenen Schnees beträgt. Es ist gegenwärtig kaum einem Zweifel unterworfen, dass dasjenige, was wir von den äusseren Planeten, vom Jupiter ab, wahrnehmen, nicht einer festen Oberfläche, sondern einer dichten, wolkigen Umhüllung angehört. Jene Riesenplaneten sind wahrscheinlich noch nicht in den Zustand der Consistenz übergegangen, welchen wir bei den innerhalb der Asteroidenzone kreisenden Wandelsternen als erwiesen annehmen können.

Bei Aufzählung der Fortschritte unserer Kenntnisse des Universums sind wir aus der Fixsternsphäre in das Sonnengebiet hinabgestiegen; die Erwähnung der Kometen- und Meteorsteine versetzt uns wieder in jene zurück. Die letzten Jahre haben das Unrichtige der vornehmen Ausschliessung vom Gebiete der Astronomie nachgewiesen, mit welcher einzelne sonst verdienstvolle Forscher, die Wissenschaft von den Sternschnuppen und Meteoriten bedacht. Durch die Untersuchungen von Schiaparelli und Leverrier ist die kometarische Bahn grosser Sternschnuppenschwärme nachgewiesen worden und fernere Forschungen haben ihre Identität mit den Haarsternen selbst gezeigt. Leverrier hat gefunden, dass einzelne Meteorschwärme unserm Sonnengebiete aus den Tiefen des Weltraumes zugegangen, dass sie Errungenschaften desselben sind. Aber die Dauer ihrer Existenz, ebenso wie die der Kometen im Allgemeinen, kann nicht mit jener der altersgrauen Planeten verglichen werden.

Haben wir so versucht, in einem gedrängten Bilde eine kurze Uebersicht der Hauptmomente im Entwicklungsgange der modernen Astronomie zu entwerfen, so war die Möglichkeit einer solchen Schilderung nur mit der Bedingung ihrer Unvollständigkeit gegeben. Das Specielle und Vollständigere kann nur in dem Werke selbst geliefert werden. Es erübrigt noch, hier der leitenden Principien zu gedenken, welche bei Eintheilung und Behandlung des riesenmässig angewachsenen Materials maassgebend gewesen sind.

Wenn die Betrachtung der Natur im Kosmos anhebt mit den fernsten Nebelflecken, die in mächtigen Teleskopen noch aufglimmend erkannt werden, und von dort stufenweise hinabsteigt zu den um einen gemein-

Digitized by Google

samen Schwerpunkt kreisenden vielfachen und den sporadischen Fixsternen, dann von hier aus übergeht zum Sonnensysteme und seinen einzelnen Gliedern; so ist der Weg, den die vergleichende Himmelsbeschreibung einschlägt, ein wesentlich anderer. Er beginnt indess nicht, der populären Anschauung gemäss, mit der Erde, die man in stolzer Voreingenommenheit Jahrtausende hindurch als den Mittelpunkt der Welt betrachtete; sondern mehr dem Entwicklungsgange der modernen Wissenschaft folgend, hebt die Naturbeschreibung des Himmels an mit dem Sonnensystem und seinen Gliedern, um hierauf zu dem Fixsternhimmel überzugehen, vom Speciellen zum Allgemeinen. Es wird zuerst geschildert: der Sonnenball, der Ursitz von Licht und Wärme, ohne welch' letztere, wie besonders Boussingault's Untersuchungen gezeigt haben, kein vegetatives Leben an der Erdoberfläche möglich wäre; es wird die Entfernung, Grösse, das Volum und die Dichtigkeit der Sonne behandelt, es werden die physischen Processe auf ihrer Oberfläche beleuchtet. Daran reihen sich die Planeten mit ihren Monden und der mildleuchtende Schimmer des Thierkreislichtes. Hierauf werden die Kometen, zuletzt die Meteorite (Feuermeteore) behandelt. Die Untersuchungen über den Ort des Sonnensystems im Weltraume und seine translatorische Bewegung, werden am besten zugleich mit dem Fixsternhimmel besprochen. Auch dasjenige, was den Raum erfüllt, und von dem wir heute noch so wenig wissen, das aber zweifellos von der grössten Bedeutung für die Geschichte des Sonnensystems ist, der Aether, dessen Existenz schon Newton auf empirische Wahrnehmungen des Ausströmens von Kometenschweifen gestützt, anzunehmen geneigt war, und die später Encke's Untersuchungen über die verkürzte Periode des Kometen von 1204 Tagen Umlaufszeit, wahrscheinlich gemacht hat; auch alles dies wird, in seiner Verbindung mit verwandten Gegenständen, zugleich mit der Fixsternwelt abgehandelt. Bei Betrachtung des Sonnensystems kann man sich der Untersuchung entschlagen, ob Encke's Widerstand leistendes Mittel identisch ist mit dem Aether des Physikers, durch dessen ungleiche Verdichtung nach verschiedenen Richtungen hin in einzelnen Körpern, die wundervollen Erscheinungen doppelter Brechung hervorgerufen werden, durch dessen Vermittlung die Schwingungszustände des Lichtes und der Wärme vor sich gehen. Für jetzt darf man also noch die Frage unentschieden lassen, ob es einen Aether gibt im Aether.

Nach dem gegenwärtigen Zustande des Wissens umfasst das Sonnengebiet, von dem unser Planet einen integrirenden Bestandtheil bildet, neben dem Centralkörper:

114 Hauptplaneten.
5 Mondsysteme (mit 18 einzelnen Trabanten).
Einen Ring dunstartiger Materie, das Thierkreislicht.
57 in elliptischen Bahnen einhergehende Kometen.
Unzählbare Schaaren von Feuermeteoren, zum Theil mit den Kometen identisch.

Digitized by Google

Eignes Licht besitzen neben dem Centralkörper nur einzelne (vielleicht alle) Kometen und periodisch, durch elektromagnetische Processe, der Erdball. Dagegen bleibt es ungewiss, ob das secundäre Licht der Venus ein Product eigner Lichterzeugung oder blosse Reflexerscheinung ist. Der Halbmesser des ganzen Sonnengebietes beträgt 37,000,000,000 Meilen, wenn nämlich dem Kometen I. 1850, wirklich eine Umlaufszeit von 28,800 Jahren zukommt. Jener Halbmesser aber ist ungefähr $^1/_{120}$ von der durch Henderson und Maclear so genau gemessenen Entfernung des hellen Fixsternes α Centauri.

Die empirische Zusammenstellung der Bahnen und Grössenverhältnisse der Planeten, die Vergleichungen ihrer Volumina und Massen mit den mittleren Abständen von der Sonne, womit sich Humboldt viel im Kosmos aufgehalten, können hier übergangen werden. Nur gelegentlich wird später Einzelnes über die Reihenfolge der Satellitenabstände mitgetheilt. Derartigen spielenden Vergleichungen fehlt gegenwärtig noch jede wissenschaftliche Basis; sie regen zugleich an die Phantasie und den Geist, ohne ihnen indess Befriedigung zu gewähren; sie sind wissenschaftlich ohne Nutzen.

Digitized by Google

Die Sonne.

Die Sonne, eine Weltleuchte, nach Copernicus' bildlichem Ausdrucke wie auf einem königlichen Throne, bildet, wenn auch nicht, wie Theon der Smyrnäer sich ausdrückte, das Herz des Universums, so doch das Herz eines Weltenorganismus, dessen äussere Begrenzung wir noch nicht kennen. Nicht allein sind es die nimmer lösbaren, schweren Banden der Anziehung, welche das Planetensystem an den Sonnenkörper ketten: durch Aussendung des Lichtes und der Wärme unterhält er organisches Leben an der Oberfläche der Erde, und selbst im Innern unseres Planeten erzeugt die strahlende Sonnenwärme (nach den neuesten Ergebnissen der physikalischen Geologie) im Vereine mit der Gravitation, Bewegungen der starren Massen, die als Vulcanicität donnernd und tosend den sorglosen Bewohner der Oberfläche zu schreckensvoller Flucht treiben, und die äussere Gestaltung des Bodens, wie die Natur der Gesteine, aus denen er besteht, mannichfach umwandeln. Sonnenlicht und Sonnenwärme bewirken mächtige chemische Processe in den untersten Theilen der Atmosphäre, und gewaltige meteorologische Veränderungen in den höheren Regionen unseres Luftmeeres. So lange uns die Sonne scheint ist vegetatives Leben, ist Fortschritt und menschliche Cultur möglich; mit dem Erlöschen des letzten Sonnenstrahles bricht die Nacht geistigen und körperlichen Unterganges an.

Die Bestimmung der Entfernung des Sonnenmittelpunktes vom Centrum der Erde ist eine Aufgabe, deren befriedigende Lösung nur praktische, keine theoretischen Schwierigkeiten involvirt.

Vier Methoden sind angewandt worden, die Sonnenentfernung zu ermitteln, nämlich:

1. Parallaxenbestimmung des Mars bei seinen Oppositionen.
2. Parallaxenmessung der Venus bei ihren Durchgängen vor der Sonnenscheibe.
3. Lichtgeschwindigkeitsmessungen in kurzen Distanzen.
4. Bestimmungen aus Mondgleichungen.

Digitized by Google

Vor Richer's Reise nach Cayenne existirten nur Muthmaassungen über die Sonnenentfernung. Ptolemäus, Copernicus und selbst Tycho schätzten sie ziemlich willkürlich zu 1200 Erdradien; Kepler nahm dafür 3500, Riccioli 7000, Hevel 5000 Halbmesser der Erde an. Halley schätzte, mehr von philosophischen Speculationen als eigentlichen Beobachtungen ausgehend, die Sonnenparallaxe zu 12,5″, entsprechend einer Distanz von 16,500 Erdradien. Die Vergleichung der Marsbeobachtungen, welche Richer auf seiner mehrfach so bedeutungsvollen Reise nach Cayenne angestellt, mit den gleichzeitigen Observationen von Picard und Römer in Paris, lieferte den ersten genäherten Werth der Sonnenparallaxe, 9,5″. Später fanden Cassini, Sedillau und Römer auf demselben Wege 9,8″ und Flamsteed kam ebenfalls zu einem Werthe von weniger als 10″. Maraldi leitete aus den Marsoppositionen von 1704 und 1719 die Sonnenparallaxe zu 10″ ab, Pound und Bradley fanden einen noch etwas grössern Werth und Lacaille gelangte durch die Marsbeobachtungen von 1751 sogar zu einer Parallaxe von 10,71″.

Inzwischen hatte Halley bereits 1691 auf die Wichtigkeit der Venusdurchgänge für die Bestimmung der Sonnenentfernung aufmerksam gemacht, und mit Ungeduld erwartete man die nächste ekliptische Conjunction dieses Planeten am 5. Juni 1761. Näheres über diesen und den folgenden Venusdurchgang wird später mitgetheilt werden, hier genügt es an das mittlere Resultat zu verweisen, das 1835 Encke aus einer Untersuchung sämmtlicher zuverlässigen Beobachtungen ableitete, 8,57116″, entsprechend einer mittlern Entfernung von 20,682,000 geographischen Meilen.

Babinet hat von Anfang an dieses Resultat für zu gross erklärt, aber erst Leverrier folgerte aus seinen Untersuchungen mit Evidenz eine grössere Sonnenparallaxe (also eine geringere Entfernung) wie sie Encke gefunden, mit der die von Laplace mittels einer Mondlängengleichung abgeleitete von 8,6″ sehr nahe übereinstimmte. In der That gibt die Wiederholung der Encke'schen Arbeit von Powalky, wobei allenthalben die neuesten Elemente zu Grunde gelegt wurden, eine Parallaxe von 8,860″. Allein viele andere Thatsachen, unter denen auf die Berechnung der Sonnenentfernung aus Bestimmungen der Lichtgeschwindigkeit durch Beobachtungen auf der Erde, noch später zurückgegriffen wird, zeigen, dass die Parallaxe wahrscheinlich noch grösser ist. Die nachstehende Tafel enthält die vorzüglichsten neuerdings erhaltenen Werthe der Sonnenparallaxe:

Digitized by Google

Leverrier	8,950″	19,805 000 geogr. Meilen
Hansen	8,916	19,875 000 „ „
Winnecke	8,961	19,770 000 „ „
Foucault	8,942	19,825 000 „ „
Stone	8,924	19,860 000 „ „
Hall	8,850	20,023 000 „ „
Powalky	8,860	20,009 000 „ „
Mittel . .	8,915	19,884 000 geogr. Meilen

Die Unsicherheit dieses mittlern Resultats übersteigt aller Wahrscheinlichkeit nach nicht ein halbes Zehntel Secunde oder 100,000 geogr. Meilen. Der mittlere scheinbare Winkeldurchmesser der Sonnenscheibe ist 32′ 0,9″, übertrifft demnach den Erddurchmesser um das 107,7fache und beträgt 185 200 geogr. Meilen. Die Unsicherheit dieses Resultats ist nicht grösser als 1″ oder etwa 100 geogr. Meilen, so weit dies von der Genauigkeit in der Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers abhängt; aber sie wächst auf ungefähr 1000 geogr. Meilen an, wenn man die Unsicherheit in der Parallaxenbestimmung berücksichtigt. *)

Das Volum der Sonne ist 1,251,000 mal grösser wie jenes der Erde, und da die Sonne 319,500 mal mehr Masse hat als die Erde, so ergibt sich ihre mittlere Dichte zu $^1/_4$ der Erddichte.

Die angeführten Resultate contrastiren wundersam mit den Ansichten der Anhänger des Philosophen Epicur, von denen Kleomedes erzählt, dass sie der Sonne einen Durchmesser von 1 Fuss beilegten, oder mit der Meinung des Anaxagoras, nach welcher die Sonne so gross sei wie der Peloponnes, während Eudoxus dasselbe Gestirn für neunmal grösser als den Mond erklärte. —

Gleich den Planeten dreht sich die Sonne um ihre Axe. Die Ehre der Entdeckung dieser Rotationsbewegung, die man lange Galilei zugeschrieben, gebührt dem Ostfriesen J. Fabricius. Nach dem Zeugnisse des Erzbischofs Dini und Giuchia's geht die erste Wahrnehmung Galilei's nicht über den Monat Mai 1611 hinaus. Damals zeigte der berühmte Physiker im Garten des Cardinals Bandini, nahe beim Quirinal in Rom, verschiedenen hochgestellten Persönlichkeiten die schwarzen

*) Einen definitiven Werth für die Sonnenparallaxe werden erst die beiden nächsten Venusdurchgänge liefern. H. Newcomb hat in einer eigenen Abhandlung einen vorläufigen Mittelwerth für die Parallaxe zu gewinnen gesucht und findet 8,85″ ± 0,013. Wenn ich nicht diesen Werth statt des oben gezogenen Mittels von 8,91″ adoptirte, so geschah dies deshalb, weil Newcomb nicht allein bei seiner Ableitung die bezüglichen Resultate von Hansen und Leverrier übergeht und dadurch auf Nichts reducirt, sondern auch bei den Foucault'schen Versuchen die Struve'sche Aberrationsconstante in Anwendung bringt (was freilich Foucault selbst auch gethan), während heute Niemand mehr zweifelhaft sein kann, dass der Delambre'sche Werth der Wahrheit näher kommen muss.

Digitized by Google

Flecke auf der Sonnenoberfläche, aus deren Bewegung man die Umdrehung des Sonnenballes erkennt. Indess war ihm Fabricius zuvorgekommen, von dem ein Werk „de maculis in sole observatis“ im Jahre 1611 erschien und dessen Beobachtungen bis zum Anfange dieses Jahres zurückgehen.

Schon die ersten Entdecker fanden aus den Fleckenbeobachtungen, dass die Rotationsdauer der Sonne ungefähr 25 Tage beträgt. Doch ist diese Bestimmung nur eine genäherte, weil die einzelnen Flecke bald wieder vergehen und, wie man schon früh vermuthete, auch neben der Umdrehungsbewegung noch eine eigne Bewegung besitzen. Scheiner machte bereits darauf aufmerksam, dass die dem Sonnenäquator näheren Flecke eine kürzere Rotationszeit liefern, als die entfernteren; aber erst in dem zweiten Viertel des gegenwärtigen Jahrhunderts zeigte Laugier mit voller Gewissheit, dass eine Eigenbewegung der Flecke existirt. Er gelangte zu diesem Resultate, indem er den Bogen auf der Sonnenkugel maass, um welchen mehrere Flecke zu verschiedenen Zeiten von einander entfernt standen. Die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ebene der Erdbahn fand Laugier zu $7^{0}9'$.

Es liegt nahe, zu vermuthen, dass in den Ortsveränderungen der Sonnenflecke, d. h. in den Eigenbewegungen derselben, ein bestimmtes Gesetz sich ausspräge; aber bei dem fast gänzlichen Mangel genauer Ortsbestimmungen von Sonnenflecken, konnten erst in der neuesten Zeit durch Carrington und Spörer die Grundlagen geliefert werden, auf denen sich weiter bauen lässt. Diese Beobachter fanden, dass die Flecke der höheren Breiten, also diejenigen, welche weit entfernt vom Sonnenäquator sich befinden, übereinstimmend ein Hinaufrücken nach dem nächsten Pole zeigen, während sie gleichzeitig mit dem ganzen Sonnenballe sich um dessen Axe drehen.

Faye hat aus Carrington's Beobachtungen für die tägliche Bewegung (M) und Rotationszeit (T) der Flecke zwischen 0 und 46 Grad nördl. oder südl. heliographischer Breite folgende Resultate gezogen:

Breite	M	T	Breite	M	T	Breite	M	T
±	′	d	7	855,26	25,256	15	847,06	25,500
0	857,60	25,187	8	854,55	25,277	16	845,65	25,543
1	857,55	25,188	9	853,75	25,300	17	844,16	25,588
2	857,41	25,193	10	852,86	25,327	18	842,58	25,636
3	857,17	25,200	11	851,87	25,356	19	840,93	25,686
4	856,83	25,210	12	850,80	25,388	20	839,20	25,739
5	856,40	25,222	13	849,64	25,423	21	837,40	25,794
6	855,88	25,238	14	848,39	25,460	22	835,53	25,852

Digitized by Google

Breite	M	T	Breite	M	T	Breite	M	T
23	833,58	25,913	31	815,87	26,475	39	795,31	27,159
24	831,58	25,975	32	813,43	26,555	40	792,61	27,252
25	829,51	26,040	33	810,95	26,636	41	789,90	27,346
26	827,38	26,107	34	808,42	26,719	42	787,18	27,440
27	825,18	26 176	35	805,85	26,804	43	784,44	27,536
28	822,93	26,248	36	803,26	26,819	44	781,69	27,633
29	820,63	25,322	37	800,64	26,979	45	778,95	7,730
30	818,27	26,398	38	797,99	27,068	46	876,22	27.827

Als mittlere Rotationszeit nimmt Spörer 25,2345^d oder 25 T. 5 St. 38 M. an. Nach demselben Astronomen ist die Neigung des Sonnenäquators 6°57′ und die Länge seines aufsteigenden Knotens (für 1866,5) 74°36′. Letzterem Resultate kommt unter allen früheren das von Laugier erhaltene 75°8′ (für 1840 gültig) am nächsten, während Lalande 1776 dafür 78° angab und in der zweiten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts Wichmann etwa 84° fand. Auch die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ekliptik gibt Laugier nur 12′ grösser an als Spörer.

Betrachtet man die Gestalt der Flecke genauer und unter Anwendung sehr starker Vergrösserungen, so ergibt sich, dass dieselbe niemals eine auch nur annähernd regelmässige ist. Sie zeigen sich eckig und zerrissen, gleichsam wie ausgeschnitten, manchmal auch durch lichte Streifen überbrückt und meist von einer minder dunklen Hülle, dem Halbschatten, Hof oder der sogenannten Penumbra umgeben, welche oftmals die Contour des eigentlichen Kernflecks in allgemeinen Zügen wiederholt. Letzterer ist nicht, wie man früher glaubte, scharf abgegrenzt, eben so wenig wie die umgebenden Höfe. Die scharfen Grenzen vieler Flecke sind nur scheinbare, hervorgerufen durch schwache Vergrösserung und ein zu dunkles Blendglas. Bei Anwendung starker Vergrösserungen erscheinen die Grenzen der Flecke eben so wenig scharf, wie diejenigen unserer Haufenwolken.

Die Grösse dieser Gebilde ist sehr verschieden. Man findet sie von den kleinsten, nur in sehr kraftvollen Fernrohren sichtbaren Punkten an, welche sporadisch und ohne Halbschatten auftreten, bis zu jenen grossen Flecken, deren Ausdehnung die Oberfläche unserer Erde häufig um ein Vielfaches übertrifft und die bisweilen dem blossen Auge sichtbar sind.

Nach Tobias Mayer ist ein schwarzer Punkt auf weissem Grunde noch sichtbar, wenn sein scheinbarer Durchmesser 34″ beträgt; nimmt man jedoch wegen der Irradiation der Sonne 60″ an, so wird jeder Fleck mit blossem (aber geschütztem) Auge gesehen werden, dessen Durchmes-

Digitized by Google

ser 3 bis $3\frac{1}{2}$ mal den Erddurchmesser an Grösse übertrifft, und solche Flecke sind nicht selten. Schwabe führt 1865 sechs Flecke an, die mit blossem Auge erkannt wurden. Ein am 26. März 1864 von Heis beobachteter Fleck besass einen Hof, der den Messungen zufolge um das Sechsfache die ganze Erdoberfläche übertraf.

Was die allgemeine Vertheilung der Flecke auf der Sonnenscheibe betrifft, so erscheinen sie am grössten zwischen dem 5. und 30. Grade nördlicher und südlicher Breite, kleiner um die beiden Sonnenpole und den Aequator herum. In Folge dieser Contraste hat sich lange die Meinung erhalten, die Flecke seien innerhalb jener Zonen auf der Sonnenoberfläche am häufigsten. Oft wird die Sonne als fleckenfrei angegeben, während in der That eine sehr grosse Menge kleiner und schwacher Flecke existiren, die sich bisweilen selbst bis in die unmittelbare Nähe der beiden Sonnenpole erstrecken, aber nur in guten Fernrohren sichtbar sind. Freilich sind grössere Flecke in höheren heliographischen Breiten überaus selten, wie z. B. derjenige, den Lahire unter 70 Grad nördlicher heliographischer Breite gesehen haben soll.

Jene kleinen Flecke sind niemals so dunkel wie die grösseren, sondern bloss matter als die mattesten Höfe; sie erscheinen als ein dunkles von Lichtnebel überwogtes Terrain. Nicht immer bleiben sie jedoch in diesem Stadium der Entwicklung; bisweilen nimmt ihre Grösse und Deutlichkeit zu, meist aber verschwindet das Gebilde schnell und unmerklich. Im Allgemeinen treten die Flecke nicht einzeln, sondern in grösseren Gruppen zusammen auf, welche dann nicht selten gemeinsam von einem einzigen Hofe umschlossen werden. Spörer hat gefunden, dass die eigne Bewegung der einzelnen Flecke einer Gruppe nicht für alle die gleiche ist. Im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts bemerkte bereits Silberschlag, dass einzelne Sonnenflecke eine Art rotirender Bewegung um sich selbst besitzen, doch ist dies Phänom erst neuerdings genauer beobachtet und sicher constatirt worden durch den fleissigen Sonnenbeobachter Weber in Peckeloh. Derselbe erkannte deutlich die bald vorwärts bald rückwärts oscillirende Bewegung gewisser Flecke, die besonders bei ganzen Gruppen sehr complicirt erscheint und auf verschiedene Strömungen an der Sonnenoberfläche hinweist. Aehnliches wollen bald darauf auch englische Beobachter bemerkt haben.

Während die Dauer der kleinsten Flecke, die von einigen Beobachtern auch Poren genannt werden, eine sehr beschränkte ist, haben die grösseren Flecke im Allgemeinen einen längern Bestand. Im Jahre 1779 erhielt sich ein grosser dem blossen Auge sichtbarer Fleck sechs Monate hindurch, und Schwabe in Dessau sah 1840 eine Fleckengruppe während acht Sonnenrotationen wiederkehren.

Obgleich die örtliche Entstehung und Ausbildung der einzelnen Sonnenflecke, so weit sich dies bis jetzt beurtheilen lässt, sehr zufälligen, unregelmässig wirkenden Einflüssen zu unterliegen scheint, so ist doch die Gesammthäufigkeit der Flecke an eine bestimmte und feste Periode

Digitized by Google

geknüpft, deren Vorhandensein zuerst Schwabe durch langjährige, mit unermüdlicher Sorgfalt angestellte Beobachtungen erwiesen hat.

Derselbe fand, dass seit dem Jahre 1826 die Häufigkeit der Flecken und Gruppen innerhalb eines Zeitraumes von etwa zehn Jahren ab- und zunimmt und Wolf in Zürich hat dieses, eine Zeit lang fast wieder vergessene Resultat, in Folge einer umfassenden Arbeit dahin bestätigt, dass jene Periode $11^1/_6$ Jahre beträgt, ein Jahrhundert also fast gerade neun Perioden umfasst.

Nachstehende Tabelle enthält die Resultate von Schwabe's Beobachtungen bis herab zur Gegenwart.

Jahr	Zahl der Beobachtungstage	Zahl der Fleckengruppen	Zahl der fleckenfreien Tage	Jahr	Zahl der Beobachtungstage	Zahl der Fleckengruppen	Zahl der fleckenfreien Tage
1826	277	118	22	1847	276	257	0
1827	273	161	2	1848	278	330	0
1828	282	225	0	1849	285	238	0
1829	244	199	0	1850	308	186	2
1830	217	190	1	1851	308	151	0
1831	239	149	3	1852	337	125	2
1832	270	84	49	1853	299	91	4
1833	267	33	139	1854	334	67	65
1834	173	51	120	1855	313	38	146
1835	244	173	18	1856	321	34	193
1836	200	272	0	1857	324	98	52
1837	168	333	0	1858	335	202	0
1838	202	282	0	1859	343	205	0
1839	205	162	0	1860	332	211	0
1840	263	152	3	1861	322	204	0
1841	283	102	15	1862	317	160	3
1842	307	68	64	1863	330	124	2
1843	312	34	149	1864	325	130	4
1844	321	52	111	1865	307	93	32
1845	332	114	29	1866	349	45	76
1846	314	157	1				

Die Untersuchungen von Rudolph Wolf datiren vom Jahre 1852. Neben der bereits damals 26 Jahre umfassenden Beobachtungsreihe Schwabe's, konnte sich Wolf nur auf eine gewisse Anzahl kürzerer Beobachtungsfolgen und vereinzelter Angaben stützen. Durch Auffindung

Digitized by Google

langjähriger Beobachtungen von Staudacher, Flaugergues, Tevel, Adams u. A. hat sich eine Sammlung von 20.000 Observationen ergeben, welche für eine Reihe von 112 Jahren eine genaue Untersuchung ermöglichen. Die nachfolgende Tabelle enthält die von Wolf berechneten Relativzahlen der Häufigkeit der Flecke und daneben die mittleren jährlichen Declinations-Variationen der Magnetnadel.

Die unten angeführten Relativzahlen sind die Mittelwerthe aller Zahlen, welche für einzelne Tage des betreffenden Jahres nach der Formel:

$$r = a(10g + f)$$

berechnet wurden, in der a einen aus correspondirenden Beobachtungen zu bestimmenden Personalfactor, g die Zahl der Fleckengruppen der Beobachtung zufolge, und f die Summe der einzelnen Flecke dieser Gruppen bezeichnet. Das beigesetzte Fragezeichen deutet mindere Zuverlässigkeit der betreffenden Zahlenangaben an.

Tafel der Sonnenflecke und der magnetischen Declinations-Variation nach Rudolph Wolf.

Jahr	Flecke	Magnetische Decl.-Variat.	Ort der Beobachtung	Jahr	Flecke	Magnetische Decl.-Variat.	Ort der Beobachtung
1749	63,8	—	—	1769	85,7	—	—
1750	68,2	—	—	1770	79·4	—	—
1751	40.9	—	—	1771	73,2	—	—
1752	33.2	—	—	1772	49,2	—	—
1753	23.1?	—	—	1773	39,8	—	—
1754	73,8	—	—	1774	47,6?	—	—
1755	6,0	—	—	1775	27.5	—	—
1756	8.8	—	—	1776	35,2?	—	—
1757	30,4	—	—	1777	63.0	11′,2?	Montmorency
1758	38,3?	—	—	1778	94.8	10.0	„
1759	48,6?	10′,76	London	1779	99,2	8.5?	„
1760	48.9	—	—	1780	72,6?	5.5	„
1761	75.0	—	—	1781	67,7	9,12	Mannheim
1762	50.6	—	—	1782	33,2?	8.11	„
1763	37,4	—	—	1783	22,5?	8.77	„
1764	34,5	—	—	1784	4.4?	6,98	„
1765	23.0	—	—	1785	18.3	8,56	„
1766	17,5?	—	—	1786	60.8	14.00	Paris
1767	33.6	—	—	1787	92,8	15,14	„
1768	52,2	—	—	1788	90,6	13,48	„

Digitized by Google

Jahr	Flecke	Magnetische Decl.-Variat.	Ort der Beobachtung	Jahr	Flecke	Magnetische Decl.-Variat.	Ort der Beobachtung
1789	85,4?	12′,6?	London	1825	17,4	9′,67	Paris
1790	75,2?	14,85?	"	1826	29,4	9,76	"
1791	46,1?	12,27?	"	1827	39,9	11,31	"
1792	52,7?	8,87?	"	1828	52,5	11,52	"
1793	20,7?	8,43?	"	1829	53,5	13,74	"
1794	23,9	8,27?	"	1830	59,1	12,40	"
1795	16,5	7,48?	"	1831	38,8	12,17?	"
1796	9,4	8,02?	"	1832	22,5	—	—
1797	5,6	8,30?	"	1833	7,5	—	—
1798	2,8	7,44?	"	1834	11,4	7,79	Göttingen
1799	5,9	7,56?	"	1835	45,4	9,57	"
1800	10,1	7,14?	"	1836	96,7	12,34	"
1801	30,9?	7,74?	"	1837	111,0	12,27	"
1802	38,3?	8,58?	"	1838	82,6	12,74	"
1803	50,0?	9,16?	"	1839	68,5	11,03	Prag
1804	70,0?	8,48?	"	1840	51,8	8,84	"
1805	50,0?	8,72?	"	1841	29,7	7,43	"
1806	30,0	—	—	1842	19,5	6,34	"
1807	10,0	—	—	1843	8,6	6 57	"
1808	2,2	—	—	1844	13,0	6,05	"
1809	0,8	—	—	1845	33,0	6,99	"
1810	0,0	—	—	1846	47,0	7,65	"
1811	0,9	—	—	1847	79,4	8,78	"
1812	5,4	—	—	1848	100,4	10,75	"
1813	73,7	6,56?	London	1849	95,6	10,27	"
1814	20,0?	7,62	"	1850	64,5	9,97	"
1815	35,0?	7,66?	"	1851	61,9	8,32	"
1816	45,5	—	—	1852	52,2	8,09	"
1817	43,5	8,55?	"	1853	37,7	7,09	"
1818	34,1	8,81	"	1854	19,2	6,81	"
1819	22,5	7,77	"	1855	6,9	6,41	"
1820	8,9	7,79	"	1856	4,2	5,98	"
1821	4.3	9,10	Paris	1857	21,6	6,95	"
1822	2,9	8,83	"	1858	50,9	7,41	"
1823	1,3	8,18	"	1859	96,4	10,37	"
1824	6,7	8,20	"	1860	98,6	10,05	"

R. Wolf hat unlängst die früher von ihm gegebene Tafel der Relativzahlen der Sonnenflecke durch Ausdehnung auf die Jahre 1700 bis 1748 und 1861 bis 1867 erweitert. Die für diese Zeiten gefundenen Werthe sind folgende:

Jahr	Relativ-zahl	Jahr	Relativ-zahl	Jahr	Relativ-zahl	Jahr	Relativ-zahl
1700	5,0?	1714	9,6	1728	80,0?	1742	18,3
1701	10,0?	1715	24,7	1729	60,0?	1743	14.6
1702	15,0?	1716	39,9	1730	40,0?	1744	5,0?
1703	21,0	1717	52,3	1731	25,0?	1745	10,0?
1704	31,4	1718	50,0?	1732	10,0?	1746	20,0?
1705	48,6	1719	34,0	1733	5,0?	1747	35,0?
1706	25,8	1720	25,3	1734	15,0?	1748	50,0?
1707	18,8	1721	23,8	1735	30,0?	1861	77,4
1708	9,7	1722	20,0?	1736	58,0?	1862	59,4
1709	7,1	1723	10,0	1737	66,0?	1863	44,4
1710	2,5?	1724	19,4?	1738	85,0?	1864	47,1
1711	0,0	1725	34,5	1739	78,0?	1865	32,5
1712	0,0	1726	64,0	1740	60,0?	1866	17,5
1713	2,2	1727	90,0	1741	35,0?	1867	8,0

Digitized by Google

Aus vorstehender Tabelle ergibt sich sofort ein periodischer Wechsel, sowohl in der Häufigkeit der Sonnenflecke, als in der Grösse der magnetischen Declinations-Variation. Es fallen die Maxima und Minima auf folgende Zeiten:

Maximum der Sonnenflecke	Δ	magn. Variation		Δ
1750, ± 1,0		—	—	—
	11,5			
1761,5 ± 0,5		—	—	—
	8,5			
1770,0 ± 0,5		—	—	—
	9,5			
1779,5 ± 0,5		—	—	—
	9,0			
1788,5 ± 0,5		1787,2 ± 1,0		
	15,5			16,3
1804,0 ± 1,0		1803,5 ± 0,5		
	12,8			14,0
1816,8 ± 0,5		1817,5 ± 1,0		
	12,7			12,2
1829,5 ± 0,5		1829,7 ± 0,5		
	7,7			8,0
1837,2 ± 0,5		1837,7 ± 0,5		
	11,4			11,2
1848,6 ± 0,5		1848,9 ± 0,3		
	11,6			11,1
1860.2 ± 0,2		1860,0 ± 0,3		

Minimum der Sonnenflecke	Δ	magn. Variation		Δ
1755,7 ± 0,5		—	—	—
	10,8			
1766,5 ± 0,5		—	—	—
	9,3			
1775,8 ± 0,5		—	—	—
	9,0			
1784,8 ± 0,5		1784,5 ± 0,5		
	13,7			13.5
1798,5 ± 0,5		1799,0 ± 2,0		
	12,0			
1810,5 ± 0,5		—	—	12,4
	12,7			
1823,2 ± 0,5		1823,8 ± 1,0		—
	10,6			
1833,8 ± 0,2		—	—	10,2
	10,2			
1844,0 ± 0,2		1844.2 ± 0,5		
	12,2			12,1
1856,2 ± 0,2		1856,3 ± 0,3		
	11,0			
(1867,2)	—	—	—	—

Auch für die Epochen der Maxima und Minima der Sonnenflecke hat R. Wolf folgende weitere Bestimmungen geliefert:

Maximal-Epochen.	Δ
1615,5 ± 1,5	
	10,5
1626,0 ± 1,0	
	13,5
1639,5 ± 1,0	
	9,5
1649,0 ± 1,5	
	11,0
1660,0 ± 2,0	
	15,0
1675,0 ± 2,0	
	10,0
1685,0 ± 1,5	
	8,0
1693,0 ± 2,0	
	12,5
1705,5 ± 1,0	
	12,7
1718,2 ± 1,0	
	9,3
1727,5 ± 1,0	
	11,2
1738,7 ± 1,0	

Minimal-Epochen.	Δ
1610,8 ± 0,4	
	8,2
1619.0 ± 1,5	
	15,0
1634,0 ± 1,0	
	11,0
1645,0 ± 1,0	
	10,0
1655,0 ± 2,0	
	11,0
1666,0 ± 2,0	
	13,5
1679,5 ± 2,0	
	10,0
1689,5 ± 2,0	
	8,5
1698,0 ± 2,0	
	14,0
1712,0 ± 1,0	
	11,5
1723,5 ± 1,0	
	10,5
1734,0 ± 1,0	
	11,0
1745,0 ± 1,0	

Bei den Sonnenflecken findet man aus den äussersten Angaben für die Länge der mittlern Periode 11,095 Jahre, und wenn man die vor 1750 bestimmten Epochen der Maxima und Minima mit hinzuzieht 11,155 ± 0,377 Jahre, für die Länge der einzelnen Perioden aber findet sich der mittlere Fehler ± 1,722. Dies deutet auf eine Periode in der Periode. Wolf hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass die Beobachtungen auch noch eine grosse Periode von 55,5 Jahren, zusammenfallend mit jener der Nordlichter nach Fritz, anzeigen. Unabhängig von Wolf kam ich selbst bei Untersuchung des gesammelten Materials auf

Digitized by Google

eine analoge Periode von 67 Jahren. Die Zukunft muss entscheiden, welcher Werth von beiden der richtigere ist.

Die magnetische Declinations-Variation hat höchst wahrscheinlich eine ähnliche Periode. Im Ganzen zeigen beide Phänomene eine so überraschende Uebereinstimmung, dass Wolf mit Recht schliessen durfte, es finde zwischen ihnen ein Causalnexus statt der Art, dass an beiden die Intensität der gemeinschaftlichen Ursache wie an zwei verschiedenen Scalen abgelesen werden könne.

Die Beobachtungen von Balfur-Stewart und Tait, welche sich auf die Zu- und Abnahme der Grösse einzelner Flecke beziehen, haben bis jetzt kein sicheres Resultat geliefert. Die Beobachter schliessen aus den Zeichnungen, dass stets die unter demselben Längengrade auf der Sonnenoberfläche befindlichen Flecke in gleichem Sinne sich verändern, d. h. entweder gleichzeitig an Grösse zu- oder abnehmen. Balfur-Stewart erklärt diese angenommene Thatsache aus den Stellungen der Planeten Merkur und Venus, denen eine gewisse Wirkung auf Entwicklung der Flecke beigelegt wird. Doch ist die Thatsache einer gleichzeitigen Zu- oder Abnahme aller Flecke unter demselben heliographischen Längengrade, noch keineswegs sicher festgestellt, um so weniger also die dafür gegebene Erklärung. Gleiches gilt von der Wahrnehmung Sömmering's, dass auf der Sonne unter gewissen Meridianstreifen viele Jahre hindurch keine Flecke entstehen.

Die Sonnenflecke erscheinen im Allgemeinen dem beobachtenden Auge schwarz, in verschiedenen Abstufungen der Dunkelheit; nichtsdestoweniger sind sie dennoch hell und Herschel schätzte ihre Lichtintensität (ziemlich gewagt) auf 0,007 des Sonnenlichtes. Nun ist nach den sehr genauen Messungen Zöllner's die Sonne 618000 mal heller als der Vollmond; sonach würde also ein schwarzer Kernfleck noch immer 4000 mal mehr Licht ausstrahlen, als eine gleichgrosse Fläche des Vollmondes. Diese Resultate sind zwar nur rohe Annäherungen, aber man wird ihre principielle Richtigkeit nicht bestreiten können, wenn man erwägt, dass das blendende Drummond'sche Kalklicht, auf die Sonnenscheibe projicirt, als dunkler Fleck erscheint. Im Vergleich mit der Scheibe Merkurs, bei dessen Durchgängen vor der Sonne, wird die Farbe der Flecke als licht braungrau angegeben. Directe Versuche von J. E. Busolt am grossen Königsberger Heliometer, bei denen das Sonnenbild auf eine Scheibe hellsten und feinsten Gypses fiel, zeigten die Flecke in schönstem dunkelviolett, umgeben von einem prächtig gelben Hofe, den ein zweiter hellgelber umgab. Die Sonne selbst erschien mit farbloser Grundfläche, welche durchweg hellviolett gesprenkelt war.

Neben den mehr oder minder dunklen Sonnenflecken und meist in der Nähe derselben, zeigt die Sonnenoberfläche auch hellere Stellen, Sonnenfackeln genannt. Die Gestalt derselben ist sehr mannichfaltig; meist zeigen sie sich als mehr oder minder zusammengedrängte, rundliche For-

Digitized by Google

men, oft aber auch als lange, aderartig verlaufende Lichtstreifen, die am deutlichsten in der Mitte der Sonnenscheibe wahrgenommen werden.

Die Fackeln sind am häufigsten in den beiden Fleckenzonen, doch zeigen sich Lichtadern nach Schwabe bis in die Nähe der beiden Sonnenpole. Der bereits mehrfach genannte eifrige Sonnenbeobachter Weber, hat aus seinen langjährigen, aufmerksamen Beobachtungen, im April 1867 zuerst folgende Schlüsse gezogen, die, wenn sie sich, wie zu vermuthen steht, bestätigen, ein wichtiges Licht auf die in der Sonne vor sich gehenden Processe werfen dürften. „In der elfjährigen Fleckenperiode macht die ganze Sonnenhülle durch die in ihr vor sich gehenden Aufwallungen, Revolutionen u. s. w. von den Polen her eine solche Wandlung durch, dass sie, wie in ihr die die Fackeln erzeugenden Kräfte gegen den Aequator hin nachlassen und somit das Ende der Periode herbeiführen, bereits andere und ähnliche um die Angelpunkte zu wirken begonnen haben und somit eine neue Curve, deren Höhepunkt zwischen dem 20. und 40. Grade der Breite liegen mag, zu verwirklichen trachten."

Wie alles uns sichtbare Detail auf der Sonnenoberfläche, so sind auch die Fackeln von vorübergehender Dauer; doch hat es sich bestätigt, dass grosse Fackelbezirke häufig länger existiren, wie Fleckengruppen.

Der Zusammenhang zwischen Fackeln und Flecken ist noch nicht in allen Beziehungen klar erkannt; meist folgt den kranzartigen Fackeln nach einigen Tagen die Entstehung einer Fleckengruppe. Bei den so häufig vorkommenden aderartigen Lichtwellen erscheint zuerst eine trübe, narbenartige Stelle und aus dieser entwickelt sich häufig ein einzelner oder mehrere kleine Flecke. Wenn die Fackeln nicht zu nahe am Sonnenrande stehen, so kann man oft an der sich steigernden Lichtintensität den Ort erkennen, wo ein Fleck aufbrechen wird. Ueberhaupt erscheint die Sonnenoberfläche bei starken Vergrösserungen fast allenthalben verschieden hell, sie besitzt durchaus keinen gleichförmigen Glanz. Die kleinsten Poren sind nach Herschel in stetem Wechsel begriffen, und werden durch wenig leuchtende Massen von einander getrennt, die allmählich in intensiver strahlende übergehen. Dawes hat jedoch solche Punkte bisweilen stundenlang bei 400- bis 600facher Vergrösserung beobachtet, ohne eine Veränderung wahrzunehmen. Dagegen findet solche allerdings statt in der unmittelbaren Nähe der Flecke, welche sich mit ungeheurer Schnelligkeit vergrössern und verkleinern, besonders dort, wo lichte Massen schnelle Strömungen beginnen und leuchtende Brücken bilden, die oft quer über grosse Flecke hinlaufen. Nach Dawes gehen diese hellen Streifen von der äussern hellen Schicht aus und projiciren sich auf den Halbschatten, ohne sich mit den weniger leuchtenden Schichten zu vermischen.

Nachdem wir im Vorhergehenden das Allgemeine in der Erscheinung der licht- und wärmestrahlenden Sonnenoberfläche, wie sie sich unter den normalen Verhältnissen dem spähenden Auge des Forschers darstellt, betrachtet haben, wenden wir uns zu den Erklärungen, die man

Digitized by Google

im Laufe der Jahrhunderte, nach dem jeweiligen Standpunkte der Kenntnisse, von der physischen Beschaffenheit eines Weltkörpers gegeben hat, der nahezu 20 Millionen Meilen von uns entfernt ist.

Abgesehen von den wilden Speculationen der Alten und des Mittelalters — von denen hier nur an die Meinung des Cardinals Cusa erinnert sei, dass die Sonne ein der Erde vergleichbarer Körper wäre, von einem Lichtkreise umhüllt, während in der Mitte sich ein Gemisch wässeriger Wolken und klarer Luft, wie bei unserer Atmosphäre, befinde — konnten sich wissenschaftliche Ansichten über die Natur des leuchtenden Sonnenballes erst dann zu entwickeln beginnen, als man denselben genauer zu sehen, zu beobachten vermochte. So beginnen eigentliche Theorien über die Beschaffenheit der Sonne erst nach Erfindung des Fernrohres.

Sonderbar genug hielt man bei aller sonstigen Verschiedenheit der Ansichten, bis auf die neueste Zeit herab an der Meinung fest, der eigentliche Sonnenkörper sei dunkel und werde in einem gewissen Abstande von einer leuchtenden Hülle, der Photosphäre, umgeben.

Galilei erklärte die Sonnenflecke als Wolken, die in dem Lichtmeere schwimmen. Dominicus Cassini und Lalande glaubten in den Sonnenflecken bergartige Erhebungen zu sehen, die von Zeit zu Zeit dadurch sichtbar würden, dass sich das Niveau des Lichtmeeres über dem dunklen Kerne hebe und senke. Lahire nahm an, dass in der leuchtenden Sonnenatmosphäre dunkle Körper umherschwimmen, während Derham nach einer ähnlichen Hypothese die Flecke für Schlacken ansah.

Die Grundlagen einer schulgerechten, systematischen Erklärung gab indess erst der Astronom von Glasgow, Alexander Wilson, im Jahre 1774, nachdem er beobachtet hatte, wie der Hof eines grössern Flecks seine scheinbare Ausdehnung in dem Maasse veränderte, als sich der Fleck selbst dem Sonnenrande näherte. Wilson schloss, dass die Sonnenflecke trichterförmige Oeffnungen oder Einsenkungen von der leuchtenden, bezüglich ihrer Consistenz einem dichten Nebel vergleichbaren Photosphäre, bis herab zur dunklen Sonnenkugel bilden, und dass der Hof durch die steilen Seitenwände des Trichters erzeugt wird. Diese Theorie, obgleich sie im Anfange sehr vielen Widerspruch, besonders von Lalande, der sich eben sehr eifrig mit der Sonne beschäftigte, erlitt, fasste jedoch festen Fuss, als sich ihr W. Herschel mit einigen Modificationen anschloss. In zwei Abhandlungen in den Philosophical Transactions 1795 und 1801, entwickelte dieser grosse Astronom die Ansichten, zu denen er seit 1779 gelangt war. Nach ihm ist der dunkle Sonnenkörper von einer zweifachen Dunst- oder Wolkenschicht umhüllt. Die äussere bildet die leuchtende Photosphäre, welche sich vielleicht im Zustande eines perpetuirlichen Nordlichtes befindet; die innere, welche etwa 70 bis 80 Meilen über der wahren Sonnenoberfläche schwebt, ist nicht selbstleuchtend, sondern wird nur durch die Photosphäre erhellt. Vom Sonnenkörper steigt fortwährend ein elastisches Fluidum unbekannter Art auf und erzeugt die Poren in der Schicht der lichtreflectirenden Wolken, darauf

Digitized by Google

verbindet es sich mit anderen Gasen und bildet in der Region der leuchtenden Wolken die Rillen. Bei heftigen, stürmischen Wirkungen aber, wenn beide Hüllen in weiter Ausdehnung durchbrochen werden, entstehen die Kernflecke, von denen schon vor Herschel, 1776, der Berliner Astronom Bode annahm, dass sie mehr oder weniger dunkel erscheinen, je nachdem die Oeffnung über sandigem oder felsigem Boden oder über Meeren steht.

Uebrigens hat schon vor Wilson, im Jahre 1770 der Pfarrer M. Schülen zu Essingen in Würtemberg, gestützt auf eigne Beobachtungen die Sonnenflecke als Oeffnungen und Abgründe auf der Sonnenoberfläche dargestellt, genau in derselben Weise, wie dies von Wilson geschehen ist.

Später hat Arago die Wilson-Herschel'sche Theorie weiter ausgeführt. Nach dem gegenwärtigen Stande der astronomischen Kenntnisse, sagte dieser berühmte Physiker 1852, besteht die Sonne 1) aus einem dunklen Centralkörper; 2) aus einer ungeheuren Wolkenschicht oder Hülle, welche in einem gewissen Abstande über dem dunklen Sonnenballe schwebt und denselben allseitig umgiebt; 3) aus einer Photosphäre, d. h. einer leuchtenden Schicht, welche die Wolkenhülle ebenso umschliesst, wie diese ihrerseits den dunklen Kern umhüllt; 4) haben die Finsternisse von 1842, 1850 und 1851 auf die Spur einer dritten Umhüllung der Sonne geleitet, welche oberhalb der Photosphäre liegt und aus dunklen, oder doch nur schwach leuchtenden Wolken besteht. Schon früher hatte Arago nachgewiesen, dass das von einem festen oder flüssigen glühenden Körper unter hinreichend kleinem Winkel emanirende Licht Eigenschaften besitzt, die das Licht brennender gasförmiger Körper nicht besitzt. Wenn bei directer Ansicht die Ränder der beiden Sonnenbilder, welche im Polariskop erscheinen, farbig sind, so rührt das Licht derselben von einem flüssigen Körper her, wenn sie dagegen ihre natürliche Weisse behalten, von einem gasförmigen. Da sich niemals unter diesen Umständen eine Spur von Färbung gezeigt hat, so ist, schliesst Arago, die leuchtende Materie der Sonne gasförmig.

Einer der eifrigsten Sonnenbeobachter, Schwabe, sagt: „Die Sonne halte ich mit Herschel für einen dunklen, planetenartigen Körper, dessen gebirgige Oberfläche der unserer Erde wegen der häufig ringförmigen Gestalt der Sonnengebirge aber besonders jener des Mondes ähnlich zu sein scheint. Durch die starke Anziehungskraft der Sonne hat sich der materielle Lichtstoff des Weltraumes um sie angesammelt, auf ihre dichte Atmosphäre gelagert und bei ihren Gebirgen stärker angehäuft, wie dies mit unseren Wolken bei der Atmosphäre und bei den Gebirgen der Erde der Fall ist. Wo nun aus physischen Gründen der Lichtstoff sich verdünnt oder ganz theilt, treten die Sonnenflecke auf. Gewiss ist die sich stets gleichbleibende, kreisförmige Gestalt der Kernflecke nicht zufällig, sondern durch die Beschaffenheit der Sonnenoberfläche bedingt. Auch die prachtvollen Zeichnungen der Höfe und der unregelmässigen Nebel, die, wie ich mich hinreichend überzeugt habe, aus unzähligen der klein-

Digitized by Google

sten und grösseren Poren bestehen, haben wohl einen gleichen Ursprung."

Nach Brewster ist die Photosphäre, welche die Quelle des Sonnenlichtes bildet, nicht gleichzeitig die Quelle der Wärme. Man kann sich, so behauptet dieser berühmte Gelehrte, schwerlich vorstellen, dass leuchtende, leicht bewegliche, in fortwährenden Veränderungen begriffene Wolken die Quelle jener Gluth seien, welche die Sonne ausströmt, auch würde die schwache untere Wolkenschicht nicht hinreichen, den dunklen Kern vor den zerstörenden Wirkungen der obern Gluthhülle zu schützen. Brewster ist der Ansicht, dass das Licht von der den Sonnenkern umgebenden Hülle ausgeht, dass aber die Wärmestrahlen vom Kerne selbst emaniren. Hierin liegt nach ihm auch der Grund, weshalb Licht und Wärme verbunden erscheinen und ferner, weshalb fleckenreiche Jahre eine höhere Temperatur zeigen als Jahre, in welchen die Sonne meist ohne grössere Flecke erscheint. Diese letztere Bemerkung kann indess heute nicht mehr zugegeben werden. Nach den Untersuchungen von K. Fritsch und Gautier, worauf unten zurückgekommen wird, ergiebt sich, dass, wie schon vor 250 Jahren Baliani annahm, einer Zunahme der Sonnenflecke eine Temperaturerniedrigung entspricht und umgekehrt.

Das bisher Angeführte kennzeichnet den Standpunkt unserer Kenntnisse von der physischen Beschaffenheit, wie er bis vor Kurzem noch war und auf dem eine gewisse Anzahl von Astronomen selbst augenblicklich noch beharrt. Die Sonne gilt hierbei als an und für sich dunkel und die Flecke entstehen durch trichterförmige Oeffnungen in der Photosphäre.

Gewiss unzweifelhaft aber ist es, dass, wäre die Wilson'sche Hypothese nicht bereits adoptirt gewesen, die neueren Beobachtungen mit besseren Fernrohren und Messapparaten kaum zu ihr hingeleitet hätten. Jene excentrische Kernstellung in der Nähe der Sonnenränder führt nur bei Anwendung mittelmässiger Fernrohre auf die Idee einer Niveaueinsenkung. Wendet man starke Vergrösserungen an, so wird eine Menge Detail sichtbar, und bisweilen erscheint die Penumbra gerade auf der dem Sonnencentrum zugekehrten Seite breiter (aber schwach) als auf der entgegengesetzten, eine Thatsache, die sich freilich in Wilson's Fernrohren nicht constatiren liess. Spörer bemerkt ausdrücklich, dass bei dem Auftreten der Gruppen am Ostrande die vorangehenden westlichen, meist stärker entwickelten Theile einer Gruppe in den beiden fleckenreichen Gürteln oft gerade auf der westlichen Seite die beträchtlichere Hofentwicklung haben, wofür die Erklärung künftig wohl in gleicher Weise wird gegeben werden können, wie für die entgegengesetzte Hofstellung zweier nahe bei einander stehender Flecke, deren Weber aus seinen Beobachtungen mehrfach gedenkt. Diese Hofstellung tritt auch nicht selten bei grösseren und weiter von einander entfernten Flecken ein. Schwabe fand aus langjährigen Beobachtungen, dass sich ein Fleck meist vom Ostrande her vergrössert, dass dagegen die Abnahme von Westen her beginnt.

Digitized by Google

Die Wilson'sche Theorie gibt einen neuen Beweis dafür, wie leicht sich fehlerhafte Vorstellungen unbemerkt in die Wissenschaft einschleichen und dort festsetzen können. In der That, wenn der Kern der Sonne sich nicht in Hitze befinden sollte, sondern verhältnissmässig kalt und dunkel wäre, so würde dies voraussetzen, dass die den Kern schützende Wolkenschicht die Hitze der Photosphäre so vollkommen abhielte, dass auch nicht die geringste Spur innerhalb einer gegebenen Zeitdauer durchdränge. Denn indem sich die geringsten Mengen wegen bald gänzlich fehlender Ausstrahlung, im Laufe der Jahrtausende vermehrten, müsste nothwendigerweise doch endlich eine hohe Temperatur entstehen. Nehmen wir aber auch wirklich eine Wolkenschicht an, die selbst innerhalb Jahrtausenden keine Wärme auf den Kern gelangen liesse, so würde solche doch schon durch den unzählige Male sich wiederholten Process trichterartiger Oeffnungen von grossen Dimensionen und vieltägiger Dauer endlich in solcher Intensität sich auf dem Kern anhäufen müssen, dass dieser schliesslich der Photosphäre an Gluth nicht nachstände. Kirchhoff sagt sehr richtig: „Die (Wilson'sche) Hypothese scheint mir in solchem Grade sicheren physikalischen Erkenntnissen zu widersprechen, dass sie selbst dann verworfen werden müsste, wenn man nicht im Stande wäre, die Erscheinungen der Sonnenflecken auf eine andere Weise auch nur einigermaassen begreiflich zu machen."

Kirchhoff und Bunsen bewiesen 1859 durch Untersuchungen, welche die Frage für immer entschieden, dass wenigstens die hellen Natriumlinien im Sonnenspectrum durch correspondirende dunkle vertreten sind, ja jene hellen Linien erschienen sofort ebenfalls dunkel, als die beiden Experimentatoren Sonnenlicht, Drummond'sches Kalklicht, oder das Licht eines auf elektrischem Wege glühend gemachten Platindrahtes durch die Natriumflamme führten. Kirchhoff gab die Erklärung dieser Erscheinung durch die Annahme, dass diejenigen Strahlen von der Natriumflamme absorbirt werden, welche die nämliche Brechbarkeit besitzen wie jene, die sie selbst aussendet. Diese Erklärung ist ein specieller Fall des allgemeinen, durch Kirchhoff ausgesprochenen Satzes: Bei allen Strahlengattungen (Wärme- wie Lichtstrahlen) ist das Verhältniss zwischen Emissions- und Absorptionsvermögen für jeden Körper bei derselben Temperatur das gleiche. Hieraus ergibt sich sofort die Folgerung, dass ein glühender Körper, welcher nur Lichtstrahlen von bestimmten Wellenlängen aussendet, auch nur Lichtstrahlen derselben Wellenlängen absorbirt, und sonach wird klar, wie der Chemiker eine Analyse der Sonnenatmosphäre geben kann. In Kirchhoff's Untersuchungen haben sich bis jetzt folgende Körper als auf der Sonnenoberfläche vorhanden erwiesen: Eisen, Kupfer, Zink, Barium, Natrium, Kalium, Kalcium, Magnesium und Chrom, vielleicht auch Kobalt und Nickel; nicht vorhanden in für uns wahrnehmbarer Menge sind: Gold, Silber, Quecksilber, Aluminium, Kadmium, Zinn, Blei, Antimon, Arsen, Strontium, Silicium und Lithium. Bezüglich der Grundzüge der Spectralanalyse haben Kirchhoff und Bunsen Vorgänger

Digitized by Google

gehabt, in consequenter Anwendung derselben auf die Untersuchung der Himmelskörper, ist ihnen Niemand vorausgegangen. Dies gilt auch selbst wenn die Bemerkung Thomson's richtig ist, dass Stokes schon um 1852 geäussert habe, dass auf der Sonne Natrium sich befinde und man vielleicht aus den dunklen Linien des Sonnenspectrums auf die chemische Beschaffenheit der Sonne werde schliessen können. Solche Hypothesen haben neben den vollendeten Beweisen keinerlei Recht auf Prioritätsansprüche, um so mehr als Stokes seine Ansicht niemals veröffentlicht hat.

Die Untersuchungen von Kirchhoff und Bunsen über den glühenden Zustand der Sonne haben, besonders in der ersten Zeit, bei den Astronomen wenig oder gar keinen Anklang gefunden. Man fürchtete sich fast zu der als absurd verurtheilten Galilei'schen Ansicht über die Sonnenflecke zurückzukehren, nachdem die optischen Verkürzungen der Höfe beim Näherrücken an den Sonnenrand von Wilson gedeutet, von Herschel und Arago gutgeheissen, und von Humboldt im Kosmos angenommen worden waren. Es gehört mehr als gewöhnliche Aufmerksamkeit dazu, um durch die Beobachtungen eine gründliche Prüfung der Wilson'schen Theorie zu geben. Wilson's Untersuchungen selbst waren sehr wenig zahlreich und nothwendig mit allen Unvollkommenheiten ihrer Zeit behaftet. Herschel adoptirte von vornherein die Theorie des Glasgower Astronomen, und seine mächtigen Teleskope haben uns über die Sonne streng genommen ebenso wenig Positives gelehrt, als über den Mond. Weshalb? ist heute schwer mit Gewissheit zu entscheiden. Arago hat leider! niemals selbst genaue und länger andauernde Beobachtungen der Sonnenflecke angestellt, und Humboldt hielt sich ausschliesslich an seines Freundes Angaben. Die Mehrzahl der lebenden Astronomen hatte sich aber auch niemals eingehender mit der Sonne beschäftigt, besonders waren genaue Ortsbestimmungen der Flecke gänzlich vernachlässigt worden, und man hatte sich auf diese Weise einer wichtigen Stütze bei Erklärung jener Gebilde begeben. Darf man sich nach alledem zu sehr wundern, dass, wenn ein Physiker, der niemals am grossen parallactischen Fernrohre die Sonnenflecke im Detail verfolgt hat, neue Ansichten über die Natur der Sonne vorbringt, diese astronomischerseits unbeachtet bleiben? Vielleicht wäre dem noch heute so, wenn nicht Spörer in Anklam der Beobachtung der Sonnenflecke in Beziehung auf die physische Constitution unseres Centralgestirns, seine ausschliessliche astronomische Thätigkeit gewidmet.

Lalande war zwar schon zu dem Ausspruche gekommen, dass die Wilson'schen Hofstellungen durchaus nicht bei allen Flecken vorkämen, auch sei die Erscheinung in keinem Falle deutlich genug, um einem Systeme als Grundlage zu dienen, aber seine Einwürfe wurden, seltsam genug, wenig beachtet. Erst Spörer wies nach, dass in den Fällen, wo solche Gestaltänderungen der Höfe eintreten, dieselben ganz anderen Ursachen ihr Dasein verdanken. Der Astronom von Anklam führt eine grosse Anzahl von Beispielen auf, aus denen ein Beobachter, der nicht die fort-

Digitized by Google

während Veränderungen der Flecke verfolgt hätte, leicht den Schluss ziehen konnte, die Stellung des Hofes entstehe nach Wilson's Theorie, während indess die ununterbrochene Beobachtung der Entstehung und Ausbildung des Flecks lehrt, dass dies nicht der Fall ist, vielmehr die excentrische Hofstellung von physischen Vorgängen auf der Sonnenoberfläche abhängt. Die Flecke sind nach Spörer, in Uebereinstimmung mit Kirchhoff, Wolkenmassen, die in der gasförmigen Sonnenatmosphäre schwimmen. Die Sonnenfackeln hält Spörer für Theile der Sonnenoberfläche, über welchen die Flecke sich befinden. „Es ist nicht zu läugnen," sagt der genannte Beobachter, „dass die am Sonnenrande von Fackeln umgebenen Flecke den Eindruck machen, als befänden sie sich in einer Vertiefung, zwischen glänzenden Bergen. Diese Erscheinung wird man indessen als eine durch die glänzenden Flächen hervorgerufene optische Täuschung ansehen müssen, weil wir doch nur ein völlig ebenes Bild betrachten. Nun aber hat Secchi am 5. August 1865 beobachtet, dass die Fackeln, an den Westrand tretend, als kleine Hervorragungen und Unregelmässigkeiten über den Sonnenrand hinaustraten, worin er den entscheidenden Beweis dafür sah, dass die Fackeln bergartige Erhöhungen sein müssten. Nach den gemachten Angaben würden diese Berge sogar noch die Höhevon 24 geographischen Meilen übersteigen. Wie aber neben solchen Gluthbergen noch dunkle Massen, die Flecke, bestehen können, ist nicht wohl erklärlich. Wir betrachten die Flecke als wolkenartige Gebilde, entfernt oberhalb heller Flächen, oberhalb der Fackelflächen, und denken diese als eine von Stürmen bewegte Nebelschicht, welche indess in Folge der Schwerkraft nicht zu solchen Wellenbergen aufgetrieben werden könne, deren Höhe für uns noch messbar oder wahrnehmbar wäre. Der Beobachtung Secchi's können wir aber durch folgende Betrachtung Genüge leisten. Als nothwendige Folge der Strahlenbrechung einer Sonnenatmosphäre ist anzusehen, dass ringsum am Rande der Sonne noch ein feiner Saum hervortreten muss, welcher der abgewandten Sonnenseite angehört. Ob wir unter gewöhnlichen Umständen etwas von diesem Saume sehen, oder ob sich derselbe in besonderen Fällen (z.B. Airy's Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss im Jahre 1842*) bemerklich gemacht hat, lassen wir ausser Acht und erwägen nur, dass jedenfalls der äusserste Theil des feinen Saumes, welcher schon durch die Lichtschwächung in der Son-

*) Airy sagt hierüber in seinem Berichte: „Ich betrachtete eben mit aller Aufmerksamkeit vor dem Verschwinden des Sonnenrandes den übrig bleibenden schmalen Lichtfaden, der sich schnell zusammenzog; ich sah den Mondrand auf der Sonne fortrücken und diese gänzlich verdecken. Einen Augenblick wandte ich mich vom Fernrohre weg, da hörte ich meinen Begleiter (der mit blossem Auge die Sonnenfinsterniss betrachtete) bemerken, dass die Sonne bald verschwinden würde. Ich sagte: sie ist schon verschwunden. Als er indess versicherte, sie sei noch nicht weg, brachte ich das Auge ans Fernrohr und sah mit dem grössten Erstaunen abermals den schmalen Lichtfaden, aber schwächer als zuvor. Ich beobachtete wieder, wie der Mond vorrückte und die Sonnenscheibe gänzlich zudeckte, mit anderen Worten: Ich sah die Totalbedeckung zweimal."

Digitized by Google

nenatmosphäre sehr matt ist, bei Anwendung eines Blendglases unsichtbar bleiben muss. Wenn aber auf der uns abgewandten Sonnenseite, auf dem durch die Strahlenbrechung gehobenen Saume, intensive Fackeln vorhanden sind, so werden solche Stellen uns sichtbar sein können, und alsdann die Erscheinung von Hervorragungen über den Sonnenrand gewähren. In dieser Beziehung erinnere ich an Beobachtungen von mir, bei welchen intensive Fackeln noch hervorleuchteten, als sich der Himmel so dicht bezogen hatte, dass kaum noch der Sonnenrand zu erkennen war. Fackeln von solcher Intensität, wie in dem angegebenen Falle beobachtet wurden, werden auf jenem feinen, durch die Strahlenbrechung gehobenen Saume ohne Zweifel auch durch ein Blendglas oder bei Projection des Sonnenbildes erkennbar bleiben. Bei der Beobachtung Secchi's, am 5. August 1865, waren aber Fackeln von ausgezeichneter Intensität vorhanden."

Wenn in der That die Flecke tiefer als die leuchtende Sonnenoberfläche lägen, so müsste sich dies bei Berechnung der beobachteten Fleckenörter zeigen. Weil nämlich bei der Rechnung der Sonnenhalbmesser um so viel zu gross angenommen wird, als die Flecke tiefer liegen, müssten in Folge dessen die heliographischen Längen der Flecke nahe am Ostrande zu gross, nahe am Westrande zu klein ausfallen. Faye glaubt in der That aus Carrington's Beobachtungen derartige Längenverschiebungen nachweisen zu können, doch besitzen diese Beobachtungen keineswegs die erforderliche Genauigkeit, um so feine Unterscheidungen zu gestatten, und auch Spörer's Messungen sprechen dagegen. Dieser letztere Beobachter bemerkt noch, dass in Folge der in der Sonnenatmosphäre stattfindenden Strahlenbrechung der Sonnenhalbmesser vergrössert erscheint, die Fleckenörter also mit einem zu grossen Sonnenradius berechnet werden, der aber gerade, weil die Flecke oberhalb der hellen Sonnenfläche sich befinden, näherungsweise der richtige sein kann.

Unter Annahme der Kirchhoff-Spörer'schen Sonnentheorie lassen sich auch allein nur die merkwürdigen Wahrnehmungen gegenseitiger Bedeckung zweier Sonnenflecke erklären, ein Phänom, das neuerdings, am 12. März 1864, von Weiss in Wien beobachtet wurde. An jenem Tage, Nachmittags $2^{3}/_{4}$ Uhr, stand auf der Sonnenscheibe eine aus zwei nahe gleichgrossen, behoften Flecken bestehende Gruppe, von denen der zweite von der Penumbra des vorangehenden zum Theil verdeckt wurde. Eine Täuschung konnte um so weniger angenommen werden, als die Fleckengruppe mit verschiedenen Vergrösserungen und verschiedenen Sonnengläsern beobachtet wurde und die Erscheinung unverändert blieb. Am folgenden Tage um $8^{1}/_{2}$ Uhr Morgens waren die Flecke bereits so weit auseinandergetreten, dass sich ihre Penumbren nur noch eben berührten, und in den folgenden Tagen nahm der gegenseitige Abstand zu.

Faye ist unter den Ersten zu nennen, die neuerdings gegen die hier adoptirte Sonnentheorie in die Schranken getreten sind. Nach ihm sind die Sonnenflecke Vertiefungen von 0,01 bis 0,02 des Sonnenhalbmessers. Er verwirft die Kirchhoff'sche Erklärung der Entstehungsweise der

Digitized by Google

Flecke durch locale Abkühlungen; allein die von dem französischen Astronomen beigebrachten Gegengründe sind, wie Kirchhoff treffend bemerkt, deshalb ohne Bedeutung, weil Faye die wahre Sonnenoberfläche, die sogenannte Photosphäre, im Auge hat und sie der Sonnenatmosphäre substituirt. Faye glaubt, der eigentliche Sonnenkern sei gasförmig, aber in Folge sehr geringen Emissionsvermögens so lichtschwach, dass er für uns neben der Sonnenhülle dunkel erschiene. Allein in diesem Falle müsste wegen der Relation zwischen Emissions- und Absorptionsvermögen, der Kern zugleich durchsichtig sein, was durchaus nicht stattfindet. Diesem gewichtigen Einwande gegenüber hat Faye ganz neuerdings seine Theorie durch die Annahme haltbar zu machen gesucht, dass zwischen dem Kerne der Sonne und der Photosphäre, sich Schichten befinden, welche kälter sind als diese letztere. Die nothwendige Ursache dieser kälteren Schichten liegt nach dem französischen Astronomen in der Wirkung der inneren Strömungen auf die Temperatur derjenigen Schichten, welche sie durchdringen. Die aus dem Innern der Sonne gegen die Photosphäre sich erhebenden Ströme erzeugen durch ihre rasche Ausdehnung Kälte, und diese Wärmeabsorption wird, nach Faye's Ansicht, keineswegs durch die Wärme compensirt, die durch Compression der niedersteigenden Ströme entsteht, da diese aus festen (?) Körpern bestehen, welche gegen das Sonnencentrum fallen. Faye glaubt, dass durch solche Hinzuziehung der Thermodynamik zum Studium der Phänomene der Sonne alle Einwürfe gegen seine Theorie beseitigt seien; allein sie hängt darum nichts weniger in der Luft, denn Spörer's neueste Untersuchungen (wie z. B. seine „Behandlung eines ausgezeichneten Sonnenflecks, der im Jahre 1867 vom 9. Sept. bis zum 11. Dec. beobachtet wurde" in den Monatsberichten der K. Pr. Akademie zu Berlin 1868, Maiheft) sind der Tiefenparallaxe ganz und gar ungünstig.

Schliesslich verdient noch die Theorie Zöllner's der Erwähnung. Dieser Physiker sieht in den Sonnenflecken ungeheure Schlackenmassen (ähnlich wie früher Derham); auch glaubt er, dass der Einfluss der Refraction in der Sonnen-Atmosphäre auf die Gestalt der an ihrer Oberfläche wahrgenommenen Objecte, ein nicht zu vernachlässigender sei. In letzterer Beziehung hat indess Spörer nachgewiesen, dass der Einfluss einer Strahlenbrechung durch die physischen Veränderungen auf der Sonnenoberfläche weit überwogen werde, und was die Natur der Flecke anbelangt, so zeigen ihr ganzes Aeusseres, ihr Auftreten und ihre Veränderungen weit grössere Uebereinstimmung mit einem wolkenartigen Zustande, als mit jenem ungeheurer Schlackenfelder. —

Es ist höchst merkwürdig und verdient als charakteristisch hervorgehoben zu werden, dass die Lehre von der Sonnenumhüllung nach Wilson, zu den nämlichen Ineinanderschachtelungen greifen muss, als die Lehre des Ptolemäus von der Sonnenbewegung. Wie hier immer neue Epicyklen, so müssen dort immer neue Umhüllungen herbeigeholt werden. So schloss Secchi aus seinen Beobachtungen gelegentlich der Sonnen-

Digitized by Google

finsterniss vom März 1858, dass es ausser den bereits angenommenen Wolkenschichten noch eine Umhüllung von Materie gäbe, welche, indem sie sich auf den Kern projicirt, eine wolkige Beschaffenheit verräth und vielleicht (?) Ursache der Protuberanzen sei. Chacornac geht noch weiter und spricht von verschiedenen derartigen Schichten, sich berufend auf eine Beobachtung des grossen, am 12. März 1858 sichtbaren Flecks, wo im Kern sehr deutliche Wolken erschienen, die einen Eindruck hervorbrächten, als seien sie die Endpunkte mehrerer übereinanderliegender Schichten. Dagegen läugnet Noel sämmtliche Wolkenschichten. Nach ihm ist die Photosphäre homogen und die Halbschatten entstehen durch schief ausströmendes Licht. Als Beweis zu dieser Behauptung führt er an, dass in der Nähe des Sonnenrandes, wo uns die eine Hälfte der Penumbra fast senkrecht Licht zusendet, diese heller erscheint und sich scharf vom Dunkel des Kernes abscheidet. Diese Theorie der Halbschatten wird durch eine einzige Bemerkung widerlegt: Die Höfe bestehen aus unzähligen der kleinen und kleinsten Flecke. —

Die Ansicht, dass die Sonne kein, unserer Erde vergleichlicher, bewohnbarer Weltkörper, sondern eine unermessliche in höchster Gluth befindliche Masse ist, findet ihre weitere Bestätigung in gewissen Beobachtungen, welche bei Gelegenheit von (totalen) Sonnenfinsternissen angestellt worden sind; wir werden uns daher jetzt mit diesen letzteren zu beschäftigen haben.

Die älteste historisch beglaubigte Erwähnung einer Sonnenfinsterniss, datirt aus dem Jahre 2158 vor Beginn unserer Zeitrechnung, und findet sich im Schuking der Chinesen. Es ist die nämliche Finsterniss, wegen deren unrichtiger Berechnung die beiden Hofastronomen Hi und Ho mit dem Tode bestraft wurden. Als nähere Umstände gibt das Capitel Intsching des Schuking an, dass die Finsterniss am ersten Tage des dritten Herbstmonats nach dem Kalender der Hia eingetreten sei, und dass ausserdem Sonne und Mond sich im Sternbilde Fang befunden hätten, das zwischen den Rectascensionskreisen von α und ξ Scorpii liegt. Man hat lange, aber mit Unrecht, an der Realität dieser Finsterniss gezweifelt; die neuesten Sonnen- und Mondtafeln haben die Richtigkeit der Angaben des Schuking und nebenbei auch das immense Alter chinesischer Civilisation durchaus bestätigt.

Die vielgenannte, angeblich von Thales vorherbestimmte totale Sonnenfinsterniss, die eintrat im sechsten Jahre des Krieges zwischen Aliattes von Lydien und Kyaxares von Medien, hatte nach den Untersuchungen von Zech, Airy und Hind am 28 Mai 584 v. Chr. statt. Neuerdings hat Barth auf seiner Reise in Kleinasien, Ueberreste einer bildlichen Darstellung der Finsterniss aus damaliger Zeit in den Felsculpturen von Boghaskoei westlich vom Meridian von Sinope aufgefunden.

Nach Plutarch's Erzählung brach sich die richtige Anschauung der Sonnenfinsternisse als einfacher Verdeckungen durch den Mond, in Athen erst im Jahre 413 v. Chr. Bahn.

Digitized by Google

Die Vorausberechnungen der Alten gründeten sich auf eine näherungsweise Nacheinanderfolge der Finsternisse in einer Periode von 18 Jahren, während welcher 41 Sonnen- und 29 Mondfinsternisse vorfallen. Da diese Nacheinanderfolge jedoch nur eine näherungsweise genaue ist, so mussten die darauf gestützten Vorausberechnungen nur rohe Annäherungen sein, die nicht weiter mit unseren heutigen Berechnungsmethoden verglichen werden können. —

Schon die uralte Wahrnehmung, dass beim Eintritt totaler Verfinsterungen nicht immer, wie man doch erwarten müsste, eigentlich nächtliche Dunkelheit herrscht, lässt wichtige Folgerungen über die Umhüllung des leuchtenden Sonnenballes zu.

Die Finsterniss des Agathokles und jene, von der Plutarch berichtet, erzeugte eine so bedeutende Dunkelheit, dass allenthalben am Himmelsgewölbe Sterne erschienen. In der 1596 erschienenen Braunschweigischen und Lüneburger Chronica von M. Heinricus Bünting heisst es: „Anno 1187. Im selbigen Jahr ist am 4. tage Septembris ein solche grosse schreckliche Finsterniss der Sonnen geschehen, dass man die Stern am Himmel hat sehen können," und ferner: „Im nechstfolgenden 1544 Jahr ist am 24. tag des Jenners, die Sonne auff II. Punkten verfinstert worden, zu Morgends umb neun uhr, und war die Finsterniss so schrecklich, dass die Thier auff dem Felde, und die Vöglin in der Lufft sich dafür entsetzeten."

Clavius erzählt, dass bei der totalen Sonnenfinsterniss am 21. August 1560, die Dunkelheit in Coimbra so gross war, dass man nicht sah, wo man den Fuss hinsetzte, und die Vögel aus der Luft herabfielen.

Louville erkannte bei einer totalen Finsterniss im Jahre 1715 selbst einzelne Sterne von der 2ten Grösse, und Gleiches berichtet Ulloa gelegentlich einer ähnlichen Finsterniss, die er 1778 auf dem Meere beobachtete.

Die Sonnenfinsterniss am 19. November 1816, welche in einem Theile von Pommern total war, erzeugte bloss eine Dunkelheit, die derjenigen der Dämmerung ähnlich war.

Bei Gelegenheit der Sonnenfinsterniss vom 8. Juli 1842 erkannte man in Perpignan bloss 4 oder 5 der helleren Sterne; ähnlich zu Montpellier, Digne, Lodi, Novarra und Venedig; die Dunkelheit war also nicht sehr bedeutend. Zu Grätz bemerkte man, nachdem die Bedeckung sechszöllig war, kaum eine Verringerung des Tageslichtes; als aber die Sonnenscheibe zu drei Viertel bedeckt wurde, war die in der Atmosphäre eintretende Unruhe unverkennbar. Die bis dahin windstille Luft machte einem bemerkbaren und kühlen Winde Platz, welcher sich von Westsüdwest her bewegte. Aus den umliegenden Thälern stieg schnell ein weissgrauer Nebel empor, jedoch konnte man noch nicht von einer eigentlichen Dämmerung sprechen, bis an der Sonne nur mehr eine schmale Sichel wahrzunehmen war. Um diese Zeit ereignete sich ein schneller Uebergang von der Helle zur Dunkelheit. Die Gesichter der zahlreich versammelten Zuschauer erschienen in fahler Farbe, die Berge im Westsüdwest mit dem sich schnell verdickenden Nebel waren in tiefes Schwarz gehüllt, wie es durch Gewitter-

Digitized by Google

wolken nie hervorgebracht wird, doch konnte man noch Gedrucktes lesen. In den Wolken bemerkte man den Weg des mit überraschender Schnelligkeit herbeirückenden Mondes. Am östlichen Horizonte, bis zu einer Höhe von 20 Grad, zeigte sich eine feurige, dunkle Röthe, mit einer darüber lagernden gelben Farbe, wie sie selbst bei der Morgen- und Abendröthe selten erscheint. Als der erste Sonnenstrahl wieder hervortrat, zog sich dieser Saum langsam nach Südost, Süd und Nordwest zurück und ging allmählich in Weiss über.

In Perpignan bemerkte man während derselben Finsterniss, dass sich am Horizonte über dem Meere ein breiter, orangerother Streifen befand. In Narbonne machte sich eine bleigraue und blasse Färbung bemerklich, ein olivenfarbiger, grauer Schein, der über die Natur gleichsam einen Trauerschleier warf. In Digne erschienen die Gesichter der Personen bleich und gleichsam grünlich, einigermaassen ähnlich der eigenthümlichen Färbung, welche sie bei Beleuchtung durch eine mit Kochsalz getränkte Weingeistflamme annehmen. In Lodi sah man nach Norden und Süden hin, etwa 15 bis 20 Grad hoch, einen kupferfarbenen Gürtel, während höher hinauf der Himmel ohne Abstufung in eine dunkelviolette Azurfarbe überging. Diese letztere wurde von den Wassern des Po und Leccosees reflectirt und ertheilte ihnen ein bleifarbiges Ansehen, welches Schrecken einflösste.

Bei der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. Juli 1860, welche von einer grossen Anzahl Astronomen in Spanien beobachtet wurde, erhielt das Tageslicht erst einen röthlichen, dann blassgelben Schimmer. Ueber dem Horizonte erschien der Himmel bleifarben, in grösseren Höhen schwarzblau. Als die totale Finsterniss vollständig eingetreten war, erleuchtete ein ungewohntes Licht mit schwachem Scheine die, aller directen Sonnenstrahlen beraubte Gegend; man wusste nicht, woher es kam und nirgend gewahrte man, dass es nur den allergeringsten Schatten warf.

Die am 31. December 1861 eingetretene totale Verfinsterung beobachtete Schmidt auf dem Berge Polyphengos im nördlichen Peloponnes. Am Tage der Finsterniss selbst wurde es vollkommen trübe und die Sonne kam nicht zum Vorscheine. Undurchdringliches Gewölk überzog den Himmel zur Zeit der Bedeckung, nur im fernen Südosten streifte Sonnenlicht durch die Ebene von Argos. Dort blieb der Sonnenschein in drei langen, feuerfarbigen Reihen, immer mehr erblassend, wie die Finsterniss zunahm. Um $4^1/_2$ Uhr kam ein Windstoss aus Südwest, zwanzig Minuten später herrschte schaurige, graubraune Finsterniss, in welcher sich Bleistiftschrift schwierig lesen liess. Um 4 Uhr 55 Minuten ward es rasch heller, und sogleich fiel Regen und Hagel herab. Die Dämmerung aber blieb hell genug, um ohne Laterne an den Felsen in das Aropos-Thal hinabzusteigen.

Die totale Sonnenfinsterniss vom 25. April 1865 wurde in der Stadt Conception (Chile) von Capelletti beobachtet. Die Dunkelheit war, vielleicht in Folge des Nebels, etwa so stark als eine Stunde nach Sonnen-

Digitized by Google

untergang. Alle Gegenstände nahmen eine grüne Färbung an, welche Schrecken erregte. Ein regenbogenartiger Bogen erschien in 30 Grad Entfernung von der Sonne und verschwand, als die Finsterniss aufhörte total zu sein. Die Einwohner der Stadt bemerkten deutlich den Lauf des Mondschattens durch den Nebel, ein Phänom, das ihnen Entsetzen erregte. De Prados, der dieselbe Finsterniss in Rio de Janeiro beobachtete, sagt, dass die Luft eine in Violett übergehende Bleifarbe zeigte und das Meer geschmolzenem Blei glich. Bei der totalen Finsterniss vom 18. August 1868 war die Dunkelheit nicht sehr gross. Zu Whatonne sahen die französischen Astronomen nur fünf Sterne und der Schatten der Hütte, in der sie beobachteten, war fortwährend sichtbar. Von der Höhe eines benachbarten Berges erblickte Pierre, um die Zeit der Totalität, elfmal parallele Streifen, die senkrecht zum Horizont über Meer und Himmel sich verbreiteten und nach und nach von gewöhnlichem Roth in Purpurviolett übergingen.

Die österreichischen Beobachter bei Aden bemerkten eine Art undulirenden Rauchs, was vielleicht mit den schon früher bemerkten undulirenden Bewegungen des Lichtes zusammenfällt, deren Schmidt in seinem Berichte über die totale Sonnenfinsterniss vom Jahre 1851 ebenfalls gedenkt.

Plantadé und Clapiès machten gelegentlich der Finsterniss am 12. Mai 1706 eine Bemerkung, die bis jetzt vielleicht zu wenig beachtet worden ist. Die Beobachter sagen, dass sich während des Verlaufs der Bedeckung, die Farbe der Gegenstände änderte. Bei einer Verfinsterung von 8 Zoll erschien Alles gelborange, bei etwas über $11^1/_2$ Zoll roth ins Weingelbe spielend. Es muss durch künftige Beobachtungen entschieden werden, ob man es hier mit einem objectiven oder vielleicht nur mit einem in Folge der Helligkeitsabnahme auftretenden subjectiven Phänomen zu thun hat. Bei der Finsterniss am 15. März 1867 war ich auf diesen Punkt sehr aufmerksam, habe aber zur Zeit der grössten Phase (9,2 Zoll für Köln) nichts dergleichen bemerkt. Der Himmel erschien theilweise von Cumulis bedeckt, dieselben behielten ebenso wie die ganze Gegend ihre natürliche Färbung.

Der Eindruck, den die seltsame Beleuchtung bei totalen Sonnenfinsternissen auf die Thierwelt macht, ist bisweilen ein sehr bedeutender, in anderen Fällen aber reducirt er sich auf Null. So nahm z. B. bei der totalen Sonnenfinsterniss, die Caldecott zu Parrat in Ostindien beobachtete, die Thierwelt von dem Phänom nicht die geringste Notiz, ebensowenig nach Avvedi und Balsamo in Mailand 1842. Dagegen sollen 1415, wie Riccioli erzählt, die Vögel vor Schrecken aus der Luft herabgefallen sein. Nach Louville's Bericht über die Finsterniss von 1715 legten sich die Pferde, welche auf dem Felde pflügten oder auf der Landstrasse gingen, nieder, und waren nicht von der Stelle zu bringen. Bei Gelegenheit der Finsterniss von 1842 sind eine Menge zum Theil sich widersprechender Beobachtungen über das Verhalten der Thierwelt angestellt

Digitized by Google

worden, aus denen sich ergibt, dass dieselbe keineswegs, wie man früher anzunehmen geneigt war, eine Vorahnung des Phänoms besitzen. Das Gleiche haben alle späteren Beobachtungen bestätigt.

Aus den vorgenannten Beobachtungen zieht man mit Recht den Schluss, dass selbst bei totalen Sonnenfinsternissen noch ein gewisses Licht die aller directen Beleuchtung beraubten Punkte der Erde erhellt. Aber woher stammt dieses Licht? Es ist nicht möglich, dasselbe der Erde zuzuschreiben, obgleich man wohl bisweilen phosphorescirende Nebel bemerkt hat, und das schwache diffuse Licht, welches in stern- und mondlosen Herbstnächten bisweilen unsere Schritte leitet, sicherlich ein Product irdischer Lichterzeugung ist, ebenso wie der stille magnetische Lichtprocess gewisser Wolken, den ich häufig zu beobachten Gelegenheit gehabt. Man hat die Ursache jener eigenthümlichen Erleuchtung vielmehr in dem Lichtkranze zu suchen, der bei totalen Sonnenfinsternissen die dunkle Mondscheibe ähnlich einer Glorie zu umgeben scheint. Dieser Lichtkranz, oder die Corona, ist ohne Zweifel, wie schon Kepler vermuthete, der äusserste Theil der leuchtenden Sonnenatmosphäre. Man hat die Corona bisher noch bei jeder totalen Verfinsterung gesehen, aber die Winkelausdehnung derselben wird sehr verschieden angegeben. Dem äussern Anscheine nach ist die Farbe der Corona weiss. Man könnte freilich aus der violetten oder ins Olivengrüne spielenden Färbung der Erde und des Himmels während der totalen Verdeckungen auf eine analoge Farbe der leuchtenden Corona schliessen, und dieser also ein violettweisses Ansehen ertheilen; indess hat schon Arago darauf aufmerksam gemacht, dass während der Sonnenfinsternisse das Zenith durch eine Menge von Strahlen erleuchtet wird, die aus den unteren Regionen der Atmosphäre kommen, das Luftmeer also zweimal durchlaufen und eine grössere Absorption des Blau erlitten haben. Diese Erklärung findet in der That eine Stütze an der merkwürdigen von Liais und de Prados bestätigten Wahrnehmung Janssen's, dass gelegentlich der ringförmigen Finsterniss am 6. März 1868 die von der Erdatmosphäre herrührenden Linien des Spectrums, bedeutend schärfer wie gewöhnlich hervortreten.

Gelegentlich der Finsterniss von 1706 berichten Plantadé und Clapiès: Als die Sonne total bedeckt war, erschien der Mond von einem blendend weissen Lichte umgeben, das um seine Scheibe einen Kranz von 3 Minuten Durchmesser bildete. Innerhalb dieser Grenzen besass das Licht eine gleiche Intensität, die hierauf in einen schwachen Schein überging, der um den Mond einen Kreis von etwa 4 Grad im Halbmesser bildete und sich alsdann allmählich verlor.

Im Jahre 1715 sah Halley bei der Verfinsterung einen perlweissen Ring um den Mond, dessen Durchmesser er auf $^1/_5$ bis $^1/_6$ des Mondhalbmessers schätzte. Louville beobachtete in London genau das nämliche Phänom. Beide Beobachter glaubten den Mittelpunkt des Ringes auf das Mondcentrum beziehen zu müssen, allein 1724 fand Maraldi unzweifelhaft, dass die Corona mit dem Sonnenmittelpunkte concentrisch sei.

Digitized by Google

Bei der Verfinsterung am 24. Juni 1778 zeigte sich nach Ulloa die Corona in einer Breite von $^1/_3$ des Mondradius und verschwand 4 bis 5 Secunden vor dem Wiedererscheinen der Sonne. Derselbe Beobachter glaubte das Ganze in einer schnellen Kreisbewegung um seinen Mittelpunkt erblickt zu haben, was jedenfalls nur eine optische Täuschung war.

Bowditsch und Ferrer sahen die Corona am 18. Juni 1806; sie war nach dem letztgenannten Astronomen 6 Minuten breit, perlweiss und mit der Sonne concentrisch. Von dem äussern Rande des hellen Ringes gingen Strahlen aus bis zu 3 Grad Länge.

Bei der totalen Sonnenfinsterniss von 1842 erschienen diese Strahlen in Montpellier, nach den Beobachtungen von Peytal, verschlungen wie ein Pack Hanfhede. Mayette in Perpignan bemerkte verschiedene derselben, die auf dem Mondrande nicht senkrecht standen, so dass sie in ihrer Verlängerung weder durch den Mittelpunkt des Mondes noch durch denjenigen der Sonne gehen konnten; nach den Wahrnehmungen von Dalbiez in Perpignan, würden sogar mehrere den Mondrand tangiren. Die Länge solcher Strahlen erscheint in einzelnen Fällen ganz ungemein verschieden. Flaugergues schätzte sie 1842 auf mehr als 1 Grad, und Otto Struve und Schidloffsky sahen in Lipezk Strahlenbündel, die vom Mondrande aus gerechnet 3 und selbst 4 Grad lang erschienen. Doch scheinen diese letzteren (ebenso wie in Ferrer's früherer Beobachtung) nicht eigentlich der Corona selbst anzugehören, denn sie hatten genau das Ansehen jener Lichtstreifen, die bisweilen am Himmel entstehen, wenn die Sonne schräg durch eine Oeffnung in den Wolken hindurchscheint, und sind daher wahrscheinlich blosse optische Erscheinungen und den Dünsten unserer Atmosphäre zuzuschreiben. Spörer nimmt dies nach der Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868 sogar für alle Strahlen in der Corona an.

Die eigentliche Corona besteht, den Beobachtungen zufolge, aus zwei Theilen. Der innere Ring, welcher die dunkle Mondscheibe zunächst umgibt, ist von geringer Breite und schärfer begrenzt; von ihm gehen meist die Strahlenbüschel aus, welche den minder hellen blassen Ring durchziehen. Mauvais fand für seine Breite 1842 2 Minuten, Regnaud zu Toulon ebenfalls 2 Minuten, Airy schätzte dieselbe auf 4 Minuten. Bei der totalen Finsterniss von 1861 sah man in Rio de Janeiro fünf parallele Strahlenbüschel aus jenem ersten Ringe auslaufen, kein einziger davon erreichte den Mondrand. In Conception sah man drei dieser Büschel, von denen der hellste einen blendenden Glanz verbreitete. Die Corona selbst erschien 1842 in Lipezk so intensiv hell, dass die gewöhnlichen Leute behaupteten, es habe nur eine ringförmige Finsterniss stattgefunden. Mit solcher Helligkeit stimmt allerdings die Wahrnehmung überein, dass die Corona bisweilen schon gesehen wurde, ehe die Sonne ganz bedeckt war. Dies fand z. B. 1842 in Montpellier statt, wo das Phänom sechs Secunden vor dem völligen Verschwinden bemerkt wurde, ebenso in Salon und Alais, wo die Corona erschien, trotzdem die Finsterniss nicht total war. Auch nach dem Wiedererscheinen der Sonne blieb die Corona bisweilen mehrere Secunden lang

Digitized by Google

sichtbar; so 1842 in Marseille, wo Valz beobachtete, während sie 1850 auf Honolulu, einer der Sandwichinseln, sofort mit dem Wiedererscheinen des ersten Sonnenstrahles verschwand. Hind sah 1851 die Corona noch fünf Secunden nach dem Ende der totalen Verfinsterung, Brünnow erblickte sie in Frauenburg sogar nach mehrere Secunden hindurch mit blossem Auge, als die Sonnenscheibe schon hinter dem Monde hervorgetreten war.

Am 18. Juli 1860 sahen mehrere Beobachter die Corona kurze Zeit vor Beginn und nach Beendigung der Phase der Totalität.

In Concepcion blieb am 15. April 1865 die Corona noch volle 36 Secunden nach dem Aufblitzen des ersten Sonnenstrahles sichtbar. Dagegen verschwand die Erscheinung in der frühern Beobachtung des Admirals Don Ulloa 1778 schon mehrere Secunden vor dem Ende der totalen Bedeckung.

Es scheint sich sonach zu ergeben, dass das Licht der Corona nicht beständig gleich hell ist, wenn freilich auch die verschiedene Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels an den Beobachtungsorten von Einfluss ist. Uebrigens bemerkten Struve und Schidloffsky 1842, dass sich das Aussehen der Corona beständig änderte, sie schien in einem Zustande sehr heftiger Bewegung. Schon Halley behauptete 1715, dass das Licht der Corona keinen Schatten werfe, und Gleiches ward 1842 in Perpignan und Padua bemerkt, obgleich man gerade darauf ein besonderes Augenmerk richtete. Dagegen sagt Largeteau, der zu Salon beobachtete, dass er allerdings schwache, aber unzweifelhafte Schatten bemerkt habe. Auch diese Wahrnehmungen lassen sich mit einander in Einklang bringen, wenn man annimmt, dass in der leuchtenden Corona momentane Helligkeitsänderungen vor sich gehen, die freilich vielleicht auch nur durch die Erdatmosphäre bedingte, scheinbare, sein könnten.

Es wurde bereits oben hervorgehoben, dass die Corona nicht dem Monde zugeschrieben werden kann, indem der Mittelpunkt derselben unzweifelhaft mit dem Sonnencentrum zusammenfällt. Indess haben verschiedene Beobachter bei einer Sonnenfinsterniss bisweilen den dunkeln Mondrand wahrgenommen, ehe er sich auf der Sonne projicirte. Am 8. Juli 1842 sah Arago etwa 40 Minuten nach dem Beginne der Finsterniss den dunkeln Mondrand sich deutlich auf dem Himmel abzeichnen; Bouvard in Digne und Flaugergues in Toulon sahen Aehnliches, andere Beobachter haben hiervon nichts bemerkt. Bei der Sonnenfinsterniss am 5. März 1867 sahen Struve und Wagner am grossen Refractor zu Pulcowa zur Zeit der grössten Verfinsterung (9,8 Zoll) einen Theil des Mondrandes ausserhalb der Sonnenscheibe, Schwabe in Dessau beobachtete dasselbe Phänom und bemerkt, dass dieser Theil des Mondes sich durch eine weit tiefere Schwärze von der dunkeln Luft unterschied.

Aus der Thatsache, dass der dunkle Mondrand nur dann wahrgenommen wird, wenn unser Satellit schon so weit auf der Sonnenscheibe vorgerückt ist, dass sein ausserhalb derselben befindlicher Theil eine geringere Winkelbreite als die äusseren Theile der Corona besitzt, ergibt sich

Digitized by Google

leicht, dass man es hier nur mit einem Contrastphänom zu thun hat. Die äusseren, keineswegs scharf abgegrenzten Theile der Corona, sind für sich allein nicht sichtbar, wohl aber ihre Begrenzung, wo sie durch die absolut finstere Mondscheibe gebildet wird.

Bei der ringförmigen Finsterniss am 30. October 1864 sah Mouchez zu San Catharina in Brasilien, im Augenblicke, als die Scheiben von Sonne und Mond concentrisch waren, das Centrum des Mondes völlig dunkel, aber von hier aus gegen den Rand nahm die Helligkeit regelmässig zu und letzterer erschien heller, oder doch wenigstens ebenso hell als das aschgraue Licht der Mondsichel, kurze Zeit vor oder nach dem Neumonde. Die ganze Erscheinung verschwand und die Mondscheibe war gleichförmig dunkel, als der leuchtende Ring gerissen und die Mitte der Finsterniss vorüber war. Die letztere Bemerkung beweist, dass das Phänom nur ein rein optisches und durch die Beleuchtung der Atmosphäre seitens der Corona entstanden war. Dagegen lässt sich die höchst seltsame Wahrnehmung von leuchtenden Punkten auf der dunkeln Mondscheibe zur Zeit der totalen Sonnenbedeckung nicht einwurfsfrei erklären.

Schon Halley sah blitzartige Erscheinungen in der Nähe des westlichen Mondrandes und Louville berichtet, dass er im Jahre 1715 zu London, während einer totalen Sonnenfinsterniss, auf der Mondscheibe ein blitzendes Licht wahrgenommen habe, das der Entzündung von Pulver vergleichbar gewesen sei. Im Jahre 1778 sahen Ulloa, Arenda und Wintuisen gelegentlich einer Sonnenfinsterniss in der nordwestlichen Region der Mondscheibe, $1^1/_4$ Minute vor dem Wiedererscheinen der Sonne, einen leuchtenden Punkt von zunehmender Helligkeit. Ulloa glaubte an eine Oeffnung im Monde, durch welche hindurch man die dahinter befindliche Sonne erblickt habe. Nach Lalande's Berechnung würde eine derartige Oeffnung 50 Meilen tief gewesen sein. Im Jahre 1842 sah Valz verschiedene leuchtende Punkte in der Nähe des Mondrandes; Zantedeschi in Venedig bemerkte auf dem Monde schwache intermittirende Blitze und Wüllersdorf hat gleichfalls von Zeit zu Zeit leuchtende Strahlen gesehen. Nach Beendigung der Sonnenfinsterniss vom 18. Juli 1860, wurde dem ägyptischen Astronomen Mahmud Bey, der in Nubien beobachtete, von verschiedenen glaubwürdigen Personen übereinstimmend mitgetheilt, dass sie während der totalen Bedeckung, ungefähr gegen die Mitte der dunkeln Scheibe, einen hellen, weisslichen, runden Punkt gesehen. Was an allen diesen Wahrnehmungen Wirklichkeit, was Täuschung ist, muss vorläufig dahin gestellt bleiben.

Neben den bisher betrachteten Erscheinungen, zeigen sich bei Gelegenheit totaler Sonnenfinsternisse, noch andere, seltsame Phänomene. Dahin gehören die rothen flammenartigen Hervorragungen hinter der Mondscheibe, die Protuberanzen, und ferner die perlschnurartigen Lichtpunkte, die dann plötzlich auftreten, wenn der Sonnenrand noch einen schmalen Lichtfaden bildet. Diese letzteren, auch Rosenkranzkörner genannt, wurden, seit Halley 1715 darauf aufmerksam machte, von einer

Digitized by Google

grossen Anzahl von Beobachtern wahrgenommen, während andere nichts davon sahen. Im Jahre 1842 sah man sie in Montpellier und Narbonne, während man in la Superga und Pavia sowie in Perpignan nichts dergleichen bemerkte. Es ist gewiss, dass das ganze Phänom gar nichts mit der physischen Constitution der Sonne zu thun hat, sondern den Unregelmässigkeiten des Mondrandes, einer anomalen Lichtwirkung in der Atmosphäre, dem Fernrohre oder Auge des Beobachters zugeschrieben werden muss.

Dies ist indess durchaus nicht der Fall mit den röthlichen, flammenartigen Hervorragungen oder Protuberanzen; vielmehr müssen diese als wirkliche, der Sonnenoberfläche zukommende Eigenthümlichkeiten betrachtet werden. Dass sie nicht dem Monde zugehören, beweist schon der Umstand, dass sie nach und nach von dem westlichen Mondrande aufgedeckt werden, in dem Maasse, als der Mond sich ostwärts über die leuchtende Sonnenscheibe schiebt, und sie wieder verschwinden, wenn sie an der entgegenstehenden Seite durch den östlichen Mondrand verdeckt werden.

Die erste Wahrnehmung der Protuberanzen gehört Stannyan aus Bern an, der am 12. Mai 1706, vor dem Wiedererscheinen der verfinsterten Sonne, am linken Rande derselben, einen blutrothen Saum bemerkte.

Genauer beschrieb die Erscheinung Birger Vassenius in Gothenburg, der in seinem Berichte über die Finsterniss von 1733, drei oder vier röthliche, ausserhalb der Peripherie des Mondes sichtbare Flecke anführt, von denen einer eine wolkenartige Gestalt besass.

Bei Gelegenheit der Finsterniss von 1806 sah Ferrer kurz vor Beendigung der totalen Bedeckung, um den Mond eine Schicht, die das Aussehen von der Sonne beschienener Wolken besass.

Van Swinden bemerkte am 7. September 1820, als der Mondrand noch etwas über den Sonnenrand hervorragte, einen röthlich gefärbten Bogen, der mit der Flammenspitze einer Argand'schen Lampe verglichen werden konnte.

Die wichtigsten Wahrnehmungen dieser ganzen Erscheinung datiren jedoch erst seit dem Jahre 1842. Arago, der zu Perpignan beobachtete, sah zwei starke, rosenrothe, flammenartige Hervorragungen, die den Eindruck von überhängenden Bergen machten, welche jeden Augenblick umzustürzen drohen. Die Winkelausdehnung betrug etwa eine Bogenminute, die wahre Erhebung also ungefähr 6000 Meilen.

Mauvais, der ebenfalls zu Perpignan beobachtete, sagt: „Als ich einige Secunden nach Beginn der totalen Verfinsterung, die Breite der leuchtenden Corona zu messen suchte, sah ich am untern Rande des Mondes einen röthlichen Punkt auftreten; 56 Secunden nach dem Verschwinden der Sonne ging dieser Punkt in zwei violettrothe, scharf begrenzte, bergartige Hervorragungen über. Ich kann keine genauere Beschreibung von ihrem Anblicke geben, als wenn ich die von der untergehenden Sonne beschienenen, aus grosser Ferne geschenen Alpenspitzen damit vergleiche. 70 Secunden nach Beginn der totalen Verfinsterung

Digitized by Google

sah man einen dritten Berg, links von den beiden ersteren, und diese erreichten schliesslich eine Höhe von vielleicht zwei Bogenminuten.“ In Montpellier wurden die drei feurigen Protuberanzen ebenfalls gesehen, und Petit bestimmte durch Messung die Winkelausdehnung der höchsten zu 1′45″. Einige Augenblicke vor dem Wiedererscheinen der Sonne, sah derselbe Astronom in der Nähe desjenigen Punktes am Mondrande, wo der Austritt erfolgen sollte, eine neue Flamme sich erheben, doch war dieselbe weiss. Der gemessenen Winkelausdehnung zufolge besass die genannte grösste Protuberanz eine wahre Höhe von 10,000 geographischen Meilen. Airy, der in la Superga bei Turin beobachtete, sah ebenfalls die Protuberanzen. „Während ich,“ sagt dieser Astronom, „den Mond nach dem totalen Verschwinden der Sonne untersuchte, gewahrte ich zu meiner sehr grossen Ueberraschung drei kleine rothe Flammen; ihre Höhe überstieg kaum eine Bogenminute. Sie erschienen am wahren obern Mondrande, und die beiden äussersten standen etwa 40 Grad auf dem Umfange der Mondscheibe auseinander. Professor Casari in Vicenza bemerkte, wie er berichtet, bei den grösseren Protuberanzen rothe Rauchsäulen, welche sich in ihrer aufsteigenden Bewegung kreuzten und eine heftige Agitation zu erfahren schienen. Schumacher in Wien sah die nämlichen Protuberanzen, welche die Beobachter in Frankreich wahrnahmen, und vergleicht sie mit den Gipfeln von Gletschern; ihre Winkelausdehnung schätzte er auf 1 bis 2 Minuten. Kurz vor dem Ende der totalen Verfinsterung, erhob sich an dem Theile des Mondrandes, wo der erste Sonnenstrahl aufblitzen musste, eine schmale, rosenrothe Schicht, die etwa 70 bis 80 Grad auf dem Mondrande einnahm und sammt den rothen Bergen im Augenblicke des ersten Sonnenstrahls erlosch. Struve und Schidloffsky sahen ebenfalls die Protuberanzen und schätzten ihre Höhe zu 2′; sie erschienen unbeweglich wie Berge, während der grössere Theil des Mondrandes von einem rosenrothen Saume umgeben war.

Bei der Sonnenfinsterniss am 8. Juli 1851 erschien auf der Westseite des Mondrandes eine hakenförmig wie eine Klammer gebogene Protuberanz. In der Verlängerung des Hakens aber sah man frei schwebend eine geballte Masse von fast kreisrunder Gestalt, die noch 7,5 Secunden nach dem Hervortreten der Sonne sichtbar war. Galle glaubte wahrzunehmen, dass jene Wolke durch drei oder noch mehr feine Fasern mit der hakenförmigen Protuberanz verbunden sei. Dawes erblickte die nämliche Protuberanz in Rävelsberg von carminrother Farbe, und er konnte sie noch wahrnehmen, als die Sonne bereits 5 Secunden wieder sichtbar war. Lassel, der zu Trollhätta beobachtete, bemerkt, dass jene Protuberanz wenige Grade von der Stelle entfernt lag, wo er kurz vor der Finsterniss eine Gruppe von Flecken wahrgenommen hatte. Williams, an derselben Beobachtungsstation, unterschied deutlich das scheinbare Wachsen der rothen Erhöhung in dem Maasse als der Mond nach Osten rückte. Swan behauptet, dass der Ort derselben genau mit demjenigen einer Fleckengruppe übereinstimmte, die er gleich nach Beendigung der Finster-

Digitized by Google

niss in der Nähe des Sonnenrandes bemerkte. Nach den Messungen von Otto Struve, der zu Lomza beobachtete, betrug der Abstand des gekrümmten Theiles der Protuberanz vom Mondrande 79″; im Verlaufe von 53 Zeitsecunden war er auf 115″ gestiegen. Während dieser Zeit waren die Protuberanzen am anderen Rande verschwunden oder doch auf unbedeutende Spuren reducirt, indem der voranschreitende Mond sie bedeckte. J. J. Schmidt, der diese Finsterniss zu Rastenburg beobachtete, sah 7 bis 10 Secunden, nachdem der letzte Sonnenstrahl verschwunden war, die erste Protuberanz aus einem weisslichen Fleck an der Basis der Corona hervortreten. Neben mehreren anderen, tauchte $^1/_4$ Minute nach Beginn der Totalität, gleich einem glühenden Funken die grosse hakenförmige, bereits oben mehrfach angeführte Protuberanz auf. „Ich hatte," sagt Schmidt, „Zeit genug, ihre Gestalt und verschiedenartige Färbung aufs Genaueste aufzufassen und entwarf im Dämmerlichte der Corona die ersten flüchtigen Umrisse, um späterhin aus der Erinnerung das Detail nachzutragen. Bei einer Breite von etwa 20″ bis 30″ stieg sie anfangs normal aus dem Mondrande auf, ihr ursprünglich gerader, an den Rändern vielfach unebener Stamm zeigte oben eine starke, gegen Süden gerichtete Seitenkrümmung, an welcher sich, nicht völlig getrennt, ein intensiv leuchtender, fast durchsichtig carminrother Ballen von runder Gestalt anschloss, dessen grösste Verdichtung in der Mitte lag und dessen Ränder von diffusem, hellröthlichem Lichte umgeben waren. Mit der grössten Bestimmtheit gewahrte ich in dieser Masse einen rundlichen Kern, fast metallisch glänzend wie Rothgold und mit eigenthümlichen, lilafarbigen, sphärischen Reflexionslichtern gezeichnet, wie man solche bei gewissen Stellungen des Auges auf der Oberfläche von Glasflaschen und Kugeln, oder auf der polirten Oberfläche einer Metallkugel wahrnimmt. Der Haupttheil dieser Protuberanz, der eigentliche Stamm, war ebenfalls stark rosenroth, mit sehr zarten Nüancirungen sehr dunkeln Carminroths, dabei von ätherischer Klarheit und fast durchsichtig, und an seinem nördlichen Rande im Allgemeinen besser begrenzt als an seinem südlichen. An diesem (südlichen) Rande war die Gestalt lichtschwächer, heller roth und mehrfach mit sehr kurzen hellrothen Ansätzen versehen, die theilweise von ihr getrennt zu sein schienen. Nicht weniger merkwürdig sind aber die Erscheinungen, welche südlich am obern Ende der Protuberanz die Fortsetzung des eben beschriebenen dunkelrothen Ballens bildeten. Diesem schloss sich eine hellrothe, etwas breitere Lichtmasse an, welche in einer mit dem benachbarten Mondrande parallelen Richtung gegen Süden wenigstens 4 bis 5 deutliche, scharfgezeichnete rothe Lichtmassen aussandte, in Gestalt von wellenförmig vom Winde bewegten Schiffswimpeln, oder wie züngelnde Flammenspitzen von rosenrother Farbe. Die grösseren von ihnen hingen mit dem Ballen zusammen, theilweise erschienen dazwischen noch mehrere sehr feine und schwache Wellenlinien völlig getrennt. Das Ganze hatte das Ansehen einer vom Winde stark gebogenen feurigen Rauchsäule, aus deren äusserstem Ende die Flammen-

Digitized by Google

spitzen hervorbrachen.“ Schmidt beschreibt weiter die merkwürdigen Erscheinungen gegen Ende der Totalität: „Etwa 4 Secunden vor diesem Momente sah ich plötzlich lebhaftes rothes Licht in Gestalt zweier sehr zarter Linien sich auf dem Rande des Mondes fortbewegen und zwar von den Fusspunkten zweier Protuberanzen aus gegen die Mitte des sie trennenden Raumes. Es war als flösse rothglühendes Metall über den schwarzen Mondrand hin und doch war diese scheinbar fliessende Bewegung nur die Folge vom Fortrücken des Mondes. Anderthalb Secunden vor dem Ende der Totalität vereinigten sich beide Linien in der Mitte zu einem vollständigen höchst zarten Bogen von stark rosenrothem Lichte, der vielleicht einem kleinern Krümmungsradius als dem des Mondes angehörte. In seiner ganzen Erstreckung schien er aus einer sehr grossen Menge der kleinsten Protuberanzen zu bestehen, von denen einige den Bogen etwas überragten. Nun glaubte ich im Momente der Bildung dieses Bogens das Sonnenlicht erwarten zu müssen — in demselben Augenblicke trennt sich die rothe Curve vom dunkeln Mondrande und zwischen beiden tritt eine silberweisse und höchst intensive Lichtlinie hervor, concentrisch mit der rothen, scharf von dieser, noch mehr vom Monde geschieden. Eine Secunde lang mochte ich sie gesehen haben, zweifelnd wegen der doch zu geringen Helligkeit, ob das Ende der Totalität eingetreten sei, als plötzlich sichelförmig in gewaltigem Glanze das wahre Licht der Sonne wie ein Blitzstrahl hervorschoss und in demselben Augenblicke die ganze Reihe der wunderbaren Erscheinungen zum Verschwinden brachte.“

Schmidt schliesst aus einer eingehenden Discussion seiner Messungen, dass die grosse gekrümmte Protuberanz sich über einem mit Flecken und Fackeln besetzten Raume der Sonnenoberfläche gezeigt habe. Das Gleiche folgt aus den Messungen von Mauvais und Goujon zu Danzig.

Bei der Sonnenfinsterniss am 18. Juli 1860 sah Lamont in Castellan de la Plana sofort nach dem Verschwinden der Sonne eine grosse Protuberanz hervortreten; ihr folgte eine zweite, die aus einem Conglomerat kleiner Massen zu bestehen schien, hierauf eine dritte und vierte.

Aus der Vergleichung der Beobachtungsresultate ergibt sich, dass 1860 mehrere Protuberanzen zugleich an verschiedenen Orten gesehen wurden, einzelne aber auch nur an einer oder höchstens zwei Stationen. Aehnliches fand nach den Untersuchungen von Swan auch bei der Sonnenfinsterniss von 1842 statt. Die Formen jener Gebilde waren sicherlich wechselnd und an verschiedenen Beobachtungsorten, wegen der nicht absolut gleichen Zeit der Beobachtung, zwar im Allgemeinen, nicht aber im Einzelnen gleich. Secchi in Rom schätzte 1860 die Höhe der bedeutendsten flammenartigen Hervorragung auf $2^1/_2$ Minute, ihre Form war eine konische, an der Spitze leicht ausgezogen und gekrümmt. Nahe dabei befand sich eine nur halb so hohe Protuberanz, deren Ausdehnung am Mondrande etwa 5 Grad umfasste; ihr Gipfel war sägeförmig einge-

Digitized by Google

schnitten. „Zum Fernrohre zurückgekehrt," berichtet der genannte Astronom, „fand ich den Anblick der Sonne sehr geändert. An Stelle zweier grossen Protuberanzen, bemerkte ich eine Menge anderer, die von allen Seiten der Sonne ausliefen und deren Höhe wegen ihrer Unbeständigkeit nicht zu messen war. Den Blick nach der Stelle richtend, wo der Austritt der Sonne erfolgen musste, erstaunte ich über die Menge kleiner Protuberanzen, über denen eine rothe Wolke schwebte. Ihre Gestalt war länglich, etwa 30″ lang und 3″ breit, an den Endpunkten spitzig. Noch immer wuchs die Zahl der Protuberanzen und bildete an dieser Seite bald einen etwa 60 Grad umfassenden, sägeförmig gezähnten Bogen, der stufenweise an Ausdehnung zunahm, während sein Centraltheil immer heller und breiter wurde. Die Purpurfarbe ging allmälig in das Sonnenlicht über und die Protuberanzen verschwanden mit dem Hervortreten der Sonne."

Bei der totalen Sonnenfinsterniss am 15. April 1865 sah Capelletti in Concepcion eine grosse, feurige Protuberanz sofort nach dem Verschwinden der Sonne. Ihr gegenüber befand sich eine kleinere von derselben Form aber hellerer Farbe, und unter dem Horn lagerte sich eine Wolke von der nämlichen Färbung. Die Höhe der ersten Protuberanz mochte 2′ 40″, die der zweiten 2′ sein. Nach 38 Secunden erschien eine Reihe von gefärbten Flammen, so dass der dunkle Mondrand sich nach und nach in Feuer setzte, und dieser rosige Bogen umfasste 90 Grad. „Was mich," sagt der Beobachter, „im Augenblicke des Aufblitzens des ersten Sonnenstrahles in hohem Grade in Staunen versetzte, war der wellenförmige Rand der Sonne. Dieser Rand erschien wie der Ocean beim Cap Horn mit seinen gewaltigen Wogen."

Das neue Hülfsmittel der Spectralanalyse liess die Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868 eine besonders wichtige Rolle in der Geschichte der Astronomie spielen. Was man früher bloss vermuthen und ahnen konnte, musste sich bei dieser Finsterniss mit wissenschaftlicher Gewissheit ergeben. Demzufolge sandten die civilisirtesten Staaten Europas astronomische Expeditionen an die geeignetsten Punkte der Erde, und wenn auch mehrfach ungünstige Witterung hinderlich war, so ist doch das Gesammtresultat, welches erzielt wurde, ein ungemein wichtiges. Die Protuberanzen ergaben sich als glühende Gasmassen, als die Flammen eines chemischen Processes von ungeheurer Mächtigkeit. Durch die bekannten Spectrallinien charakterisirt, fand sich, dass hauptsächlich Wasserstoff die Sonnenoberfläche umhüllt und in den Protuberanzen leuchtend auftritt. Der geschickte französische Physiker Janssen erfand unmittelbar nach der Finsterniss eine Methode, die Protuberanzen stets am Sonnenrande wahrzunehmen und unabhängig hiervon gelang es Lockyer in London, der dieselbe Methode bereits früher vorgeschlagen hatte, ebenfalls Protuberanzen am Rande der hell leuchtenden Sonnenscheibe zu entdecken.

Janssen's Methode, die Protuberanzen oder genauer ihre Spectra

Digitized by Google

dadurch zu erkennen, dass der Spalt des Spectroskops über den Sonnenrand geführt wird, hat durch die Untersuchungen Secchi's insofern eine beträchtliche Erweiterung erfahren, als dieser geschickte Beobachter das Vorhandensein von Protuberanzen auch mitten auf der Sonnenscheibe in der Nähe der Flecke nachzuweisen vermochte. Es gründet sich dieser Nachweis auf das völlige Verschwinden der Wasserstofflinie *C* in der unmittelbaren Nähe der Flecke, weit entfernt vom Sonnenrande. Ueberhaupt offenbart sich die Gegenwart von Wasserstoff in der Sonnenatmosphäre nicht allein durch die Umkehr gewisser dunkler Linien in helle, sondern auch durch Verminderung ihrer Schwärze, die bis zum völligen Verschwinden führen kann. Uebrigens ist die Sonnenatmosphäre weit davon entfernt nur aus Wasserstoff zu bestehen; Secchi's Resultat, dass diese Atmosphäre sehr zusammengesetzt sei, ist durch die Ergebnisse der Untersuchungen von Rayet durchaus bestätigt worden.

Wenn die hellen Spectrallinien am Sonnenrande den Ort von Protuberanzen bezeichnen, so fehlen sie doch auch an allen anderen Punkten des Sonnenrandes nicht, aber ihre Höhe übersteigt hier kaum 10 bis 15 Secunden. Es ergiebt sich sonach, dass der ganze Sonnenball von einer vorwiegend Wasserstoff enthaltenden Hülle umgeben wird und dass die localen Anhäufungen dieser Materie uns eben als Protuberanzen erscheinen; aber Secchi hat auch gefunden, dass solche Massenanhäufungen sich vorwiegend in der Nähe von Flecken und Fackeln befinden.

Zwischen der Wasserstoffschicht und dem eigentlichen Sonnenrande existirt ein Raum, der ein continuirliches Spectrum giebt. Derselbe ist indess ungemein schmal und selbst unter dem heitern Himmel Roms nur bei sehr günstiger Luft sichtbar.

Die Gegenwart von Wasserdampf in der Nachbarschaft von Sonnenflecken, die sich durch eine Vielzahl plötzlich auftretender nebeliger Linien charakterisirt, gehört zu den merkwürdigsten und sichersten Ergebnissen auf dem Gebiete der spectralanalytischen Forschung. Nicht minder gilt dies von den feinen Untersuchungen, durch welche Pater Secchi auf die Identität der Spectra der Sonnenflecke mit denjenigen der rothen und orangefarbenen Sterne geführt wurde, die mehr oder weniger ihr Licht ändern. Man kann hiernach diese Sterne als fast ganz von Flecken, analog den Sonnenflecken, bedeckt annehmen, und diese Analogie gewinnt eine um so höhere Bedeutung, als auch unsere Sonne in $11^1/_9$jähriger und 56- bis 67jähriger Periode veränderlich ist.

Lockyer ist in Gemeinschaft mit Frankland zu analogem Resultate gelangt, wie Secchi in Rom. Er unterscheidet eine vollständige Hülle um die Sonne, der er den Namen „Chromosphäre" giebt, und in welcher die Fraunhofer'sche Linie *F* die Form einer Pfeilspitze annimmt, in der sie nach unten zu in Breite wächst, und zwar bedingt durch wachsenden Druck und zunehmende Temperatur. Als Lockyer und Frankland versuchten, den Druck zu bestimmen, welcher eine derartige Erscheinung hervorruft, fanden sie diesen selbst für die un-

Digitized by Google

tersten Schichten der Chromosphäre beträchtlich geringer als 1 Atmosphäre. Mit verbesserten Apparaten und Beobachtungsmethoden hat sich ergeben, dass die Linien *C* und *F* auch in den Sonnenflecken als helle Linien wahrgenommen werden können und dass in der Chromosphäre ausser den Wasserstofflinien auch Linien des Magnesium, Eisen, Barium und Natrium sichtbar sind; dazu haben gewisse geringe Verschiebungen von Spectrallinien, Bewegungen der leuchtenden Massen verrathen, welche die Geschwindigkeit unserer Erde in ihrer Bahn um das Doppelte übertreffen. Die Linie *F* erscheint auf der Sonnenscheibe unter Umständen gleichzeitig hell und als Absorptionslinie, aber die erstere ist dann nach der Seite des Violett, die letztere nach jener des Roth um ein Geringes verschoben. Es findet also Absorption durch eine Masse von geringerer Temperatur statt, welche sich nach dem Sonnenmittelpunkte bewegt, während die heisseren Massen mit grosser Schnelligkeit in der Richtung gegen den Beobachter hin emporgetrieben werden.

Die Untersuchung der Protuberanzen ist wesentlich erleichtert worden durch die Verbesserungen, welche Huggins, Lockyer und Zöllner an der ersten Methode zur Beobachtung dieser Gebilde bei vollem Sonnenschein, anbrachten. Besonders Zöllner hat mittelst seines ausgezeichneten Reversionsspectroskops prachtvolle Bilder der Protuberanzen erhalten und Zeichnungen geliefert, welche die ungemeinen Veränderungen derselben in kurzen Zeiträumen documentiren. Dasselbe Instrument wird bei noch grösserer Vervollkommnung gestatten, sämmtliche Spectrallinien, welche durch Absorption in der Erdatmosphäre entstehen, von denjenigen zu trennen, welche der Sonnenatmosphäre ihren Ursprung verdanken, indem sich eine Verschiebung der Lage der Linien in Folge der Sonnenrotation offenbar nur bei den letzteren zeigen kann.

Beiläufig muss hier der ausgezeichneten Untersuchungen von Professor Angström über die Lage der dunklen Linien des Sonnenspectrums und die Bestimmung der Wellenlängen der den Absorptionslinien entsprechenden Lichtstrahlen gedacht werden. Dieser ausgezeichnete Physiker hat folgende Anzahl von Coincidenzen heller Linien der einfachen Stoffe mit dunklen Absorptionslinien des normalen Sonnenspectrums bestimmt:

Aluminium	2	Magnesium	4
Barium	11	Mangan	57
Calcium	75	Natrium	9
Chrom	18	Nickel	33
Eisen	450	Titan	118
Kobalt	19	Wasserstoff	4
Kupfer	7	Zink	2

Zwischen *F* und *G* des Sonnenspectrums finden sich einige sehr dunkle Linien von noch unbekanntem Ursprunge, von denen jedoch eine mit

Digitized by Google

einer ebenfalls starken Linie des Brom zusammenfällt. Wasserstoff ist das einzige Metalloid, das auf der Sonne nachgewiesen ist; ob Sauerstoff und Stickstoff sich ebenfalls dort finden, lässt sich bei dem bisherigen Verfahren nicht nachweisen, da es höchst wahrscheinlich ist, dass selbst die ungemein hohe Temperatur der Sonne doch nicht ausreicht, die hellen Linien jener Metalloide zu zeigen. Es können sich daher natürlich auch keine dunklen Linien beider Gase im Sonnenspectrum ergeben, gerade so wie ihr wirkliches Vorkommen in der Atmosphäre der Erde auch keine tellurischen dunklen Linien dieser Stoffe erzeugt.

Zur Darstellung des eigentlichen Kohlenstoff-Spectrums bedarf es einer plötzlichen Entladung der Elektricität; ein Volta'scher Bogen, der sich bei einer Säule von 50 Elementen zwischen Kohlenspitzen bildet, giebt nur das Spectrum der Kohlenwasserstoffe und des Cyans. Die durch eine solche Säule erzeugte Temperatur ist also nicht hoch genug, um den Kohlenstoff in Gas zu verwandeln. Die auf der Sonne herrschende Temperatur ist beträchtlich genug, um Verbindungen wie Cyan und Kohlenwasserstoff zu verhindern, allein sie erreicht nicht jene Höhe, um den Kohlenstoff zu verflüchtigen. Angström schliesst daher, dass der Kohlenstoff sich in fester Form in der Sonnenatmosphäre befinde.

Die Untersuchung der Spectra der Protuberanzen, welche Tietjen auf der Berliner Sternwarte anstellte, haben, wie bereits früher mitgetheilt wurde, zu dem Resultate geführt, dass die gelbe Linie D_3 mit einer feinen dunklen Linie des normalen Sonnenspectrums zusammmenfällt. Ferner glaubte derselbe Astronom ausser den Linien C, D_3 und F noch verschiedene kürzere am Sonnenrande wahrzunehmen. Secchi hat diese Wahrnehmung bestätigt. Rayet fand zwischen G und F noch eine helle Linie, die mit der Linie h von Angström zusammenfällt und deren Wellenlänge 0,00041011 Millimeter beträgt. Im Ganzen hat Rayet 6 helle Linien im Spectrum der Sonnenatmosphäre wahrgenommen, von denen 4 dem Wasserstoff angehören.

Was den Zusammenhang zwischen den Protuberanzen einerseits und den Sonnenflecken und Fackeln andererseits anbelangt, so lassen die bisherigen Untersuchungen hierüber noch eine grosse Ungewissheit bestehen. Bei der Sonnenfinsterniss vom 28. Juli 1851 fand J. J. Schmidt die damals sichtbaren Protuberanzen in inniger Beziehung zu den Sonnenfackeln stehend. Die grosse hakenförmige Protuberanz, welche sich damals zeigte, fiel fast ganz genau mit Fackeln zusammen, welche im Sonnenrande lagen. „Merkwürdig," sagt J. J. Schmidt, „ist die fast völlige Coincidenz des Ortes der grossen gekrümmten Protuberanz ζ mit dem der westlichen Fleckengruppe B. In dieser stand während der Finsterniss der westlich vorangehende Fleck, den ich in den Tagen vorher gesehen hatte, schon auf der andern Seite der Sonne, der ihm östlich nachfolgende Hauptfleck aber in der dem Westrande schon nahen Gruppe B noch viele heliographische Grade diesseits des Westrandes. Zwischen beiden aber war die Oberfläche der Sonne mit

Digitized by Google

dichtem, sehr bunten Lichtgewölk (Fackeln) völlig besetzt, so dass, wie meine Beobachtung dies unmittelbar bestätigte, ein Theil der Fackeln genau im Randprofile der Sonne liegen musste. Stellen wir die zugehörigen Positionswinkel Π neben einander, so haben wir:

für die grosse Protuberanz ζ $\Pi_9 = 297^0,7 \pm 0^0,0$ od. $\pm 17''$; 2 Beob.
für die westliche Fleckengruppe B $\Pi = 297,2 \pm 0,9$ od. ± 17; 2 „

Die Differenz beider Messungen beträgt nur $0^0,5$ des Mikrometerumfanges, oder $9'',7$ (Bogen); eine so geringe Abweichung, dass an der wirklichen Uebereinstimmung beider Oerter nicht gezweifelt werden kann. Ich schliesse demnach, dass die gekrümmte Protuberanz ζ sich über einem mit Flecken und Fackeln besetzten Raume der Sonnenoberfläche gezeigt habe, und finde es für diesen Fall wahrscheinlicher, dass ihre Basis eher eine der Fackeln (Lichtgewölk) als einer der Flecken war. Von den Flecken lag keiner genau im Rande der Sonne, und ihr Abstand von ihm war schon erheblich. Doch kann dieser Umstand keineswegs die Annahme erschüttern, dass dennoch die rothe Gestalt in einer den Sonnenmittelpunkt und den Flecken verbindenden Linie gelegen habe, wenn man ihr nur die genügende Länge, oder eine entsprechende Krümmung beilegt. — Fackeln bedeckten an jener Stelle reichlich die Oberfläche der Sonne, und besondere, später anzudeutende Gründe nöthigen mich bis jetzt, eine oder mehrere derselben als Basis der Protuberanz zu betrachten. Ich habe beiläufig noch die in Danzig gemachten Messungen der Pariser Astronomen Mauvais und Goujon reducirt und gefunden:

Protuberanz ζ . . . . $= 277^0,0$
Fleckengruppe B . . . . $= 277,9$

Unterschied $= 0^0,9$, wobei ich noch bemerke, dass Mauvais den mittlern Fehler einer Einstellung zu etwa 3^0 annimmt. Auch hier sehen wir abermals dieselbe Uebereinstimmung zwischen den Oertern der Protuberanz und der Flecken, nur dass in Rastenburg und Danzig Π verschieden gefunden worden ist, was nur davon herzurühren scheint, dass in Rastenburg mein Fernrohr nicht gerade stand. Aus diesem Grunde lagen die Punkte 0^0 un 180^0 meines Mikrometers nicht mehr in einem Verticale. Nimmt man dazu an, dass vielleicht auch in Danzig die Mikrometervorrichtung nicht völlig orientirt war, so wird die Differenz in $\Pi = 20^0$ schon erklärlich. Es kam aber hier hauptsächlich darauf an, den Zusammenhang gedachter Phänomene nachzuweisen.“ Spörer hat aus den Beobachtungen seit der Sonnenfinsterniss des 18. August 1868 den Schluss gezogen, dass die Protuberanzen im Allgemeinen als Vorläufer späterer Fleckengruppen zu betrachten seien; derselbe ausgezeichnete Astronom vermuthet, dass die matten Stellen zwischen den Fackeladern vielleicht mehr als die gleichzeitigen Fackeln den Protuberanzen entsprechen dürften.

Sobald es feststeht, dass die Sonne ein glühender Feuerball ist und nicht, wie Herschel annahm, im Zustande eines perpetuirlichen Nord-

Digitized by Google

lichtes sich befindet, drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob nicht die Sonne im Laufe der Zeit an Masse, an Stoff, an Grösse verliere. Diese Frage ist eine höchst wichtige; von physikalischen Ansichten ausgehend, wird man sie nach dem heutigen Standpunkte unseres Wissens verneinen müssen, auf dem Wege empirischer Beobachtung aber lässt sich bis heute Nichts hierüber sagen.

Beobachtungen auf der Sternwarte zu Greenwich ergeben für den Sonnenhalbmesser von 1765 bis 1776 einen Werth von 16′ 1,66″; von 1776 bis 1787: 16′ 0,22″; von 1787 bis 1798: 15′ 59,77″. Hieraus scheint allerdings eine fortwährende Verminderung des Sonnendurchmessers zu folgen, allein von Lindenau hat gezeigt, dass dies nur daher rühre, weil das Auge des beobachtenden Astronomen mit zunehmendem Alter immer weniger für das Licht empfindlich wurde. Später nahm man nach Encke den mittleren Sonnenhalbmesser zu 15′ 58,42″ an, doch lehrte die Finsterniss von 1842, dass dieser Werth einer kleinen Vergrösserung bedürfe und man blieb schliesslich bei 16′ 0,9″ stehen. Neuere Angaben schwanken zwischen 16′ 1,8″ und 16′ 0,9″. Diese Differenzen sind ungemein gering und rühren vielleicht, wie auch gewisse Beobachtungen Spörer's andeuten, daher, dass die glühende Sonnenoberfläche gewissen Niveauänderungen unterliegt, wenn man nicht der Refraction am Sonnenrande und der Irradiation die Unterschiede verchiedener Messungsreihen gegeneinander zuschreiben will.

Eine andere Frage ist die, ob der Sonnenball nicht mit der Zeit verlösche und Licht und Wärme verliere. Wenn das Sonnenlicht verlöschte, so würde die Sonne den Planeten durchaus ähnlich und das ganze System bliebe in absolute Finsterniss gehüllt inmitten eines Weltraumes, der nach Fourier die schreckhaft niedrige Temperatur von etwa 60° C. Kälte besitzt. Allein auch auf diese Frage kann man bis jetzt noch durchaus keine einwurfsfreie Antwort geben. Die mannichfachen historischen Nachrichten von auffallenden Verdunkelungen des Tageslichtes, mahnen drohend wenigstens an die Möglichkeit einer temporären Abnahme des belebenden Strahles.

Die Berichte über die Verdunkelungen beim Tode Cäsar's und 409 n. Chr. schienen wenig zuverlässig, wenigstens verdankt das erstgenannte Phänomen, der ganzen Erzählung nach, seine Existenz wahrscheinlich einem gewissen trüben Zustande unserer Atmosphäre, und Gleiches gilt vom Jahre 536, von dem Abul-Faragius berichtet, dass die Menschen meinten, es sei der Sonne ein Unfall zugestossen, dessen Folgen niemals von ihr weichen würden. Dagegen widerspricht anscheinend nichts den Berichten von der schreckenerregenden Verdunkelung der Sonne am 19. August 733 und der ähnlichen dreistündigen Verfinsterung am 21. September 1091, der eintägigen Verfinsterung am 19. September 1155, sowie der sechsstündigen Dunkelheit am letzten Tage des Februar 1206. Die Berichte über die Verdunkelungen im Jahre 1191 und 1241 sind Nichts weiter als Beschreibungen gewöhnlicher Sonnen-

Digitized by Google

finsternisse, und einige andere der von Humboldt gesammelten Nachrichten reduciren sich ebenfalls hierauf.

Seitdem die Sonne mit Hülfe von Fernrohren eifrig verfolgt wird, hat sich keine auffallende Verdunkelung ihrer leuchtenden Oberfläche ereignet; allein wenn auch die Möglichkeit einer solchen keineswegs in Abrede zu stellen ist, so darf man gegenüber den eben angeführten historischen Nachrichten doch nicht ganz übersehen, dass diese vielleicht nur einseitige sind und man leicht als kosmisches Phänom betrachten kann, was in Wahrheit nur vorübergehende tellurische Erscheinung war. Solche Unterscheidung bleibt selbst schwierig gegenüber einer Wahrnehmung, die Liais mittheilt. Am 11. April 1860 zwischen 11 $^1/_2$ und 12 Uhr bemerkte man in Olinda, dass sich der Glanz des Sonnenlichtes merklich schwäche, man konnte das Gestirn einige Augenblicke lang mit blossem Auge betrachten. Obgleich vollkommen reiner Himmel war, erschien rings um die Sonne plötzlich ein irisirender Kranz. Zu gleicher Zeit sahen mehrere Personen östlich von der Sonne einen hellen Stern mit blossem Auge, der nach der angegebenen Position nur Venus gewesen sein kann.

Wenn wir heute noch nichts Bestimmtes über eine temporäre Abnahme, ja selbst über das gänzliche Verschwinden des Sonnenlichtes wissen, so liegt der hauptsächlichste Grund darin, dass wir noch überhaupt gar keine Vorstellung von den wahren Ursachen des fortdauernden Leuchtens, des seit ungezählten Jahrtausenden ununterbrochenen Glühens, des Sonnenballes haben. Die neuerdings vielfach erwähnten Ansichten, dass das Niederstürzen von Kometen und Meteorsteinen auf die Sonnenoberfläche den fortdauernden Verbrennungsprocess auf unserm Centralkörper unterhalte, sind theoretisch unzulässig. Denn es lässt sich zeigen, dass die ganze Erdmasse durch Herabstürzen auf die Sonne nur für 93 Jahre die Ausstrahlung decken würde. Die Beobachtung, welche Carrington und einige Meilen von ihm entfernt Hodgson zu Highgate am 1. September 1859 angestellt — beide Beobachter sahen aus der Mitte des grössten damals sichtbaren Flecks, ein helles Licht hervorbrechen und 5 Minuten lang andauern — lässt sich unter der Annahme, dass die Flecke Wolken über dem hellen Sonnengrunde sind, leicht und ungezwungen erklären. Helmholtz sieht den hauptsächlichsten Quell der Sonnenwärme in der fortwährenden Verdichtung, der einst eine Nebelmasse bildenden Sonne. —

Die Frage, ob alle Theile der Sonnenoberfläche genau gleiche Licht- und Wärmeintensität ausstrahlen, scheint verneint werden zu müssen.

Schon zu Anfange des Jahres 1844 machte Nervander, von der Ansicht ausgehend, dass die Unregelmässigkeiten unserer irdischen Temperaturschwankungen nur Regelmässigkeiten einer höhern Ordnung seien, als Resultat seiner desfallsigen Untersuchungen das Dasein einer bisher unbekannten Variation der Sonnenwärme bekannt. Diese Entdeckung stützte sich auf Thermometerbeobachtungen in Paris von 1816 bis 1819

Digitized by Google

und Innspruck von 1777 bis 1828. Als Resultat ergab sich eine Periode von $27{,}26^d$ und der Unterschied zwischen den Maximis und Minimis für Paris $0{,}604^0$ C., für Innspruck $0{,}60^0$ C., während die Nachtbeobachtungen an letzterm Orte für sich allein $0{,}49^0$ C. ergaben. Durch diese Arbeit wurde Buys-Ballot zu einer ähnlichen Untersuchung veranlasst. Er prüfte die seit 1789 täglich zu Harlem angestellten Temperaturbeobachtungen und fand aus diesen eine Periode von $27{,}684^d \pm 0{,}005$. Es ergab sich für jeden der 7 Tage, während deren die wärmere Seite der Sonne uns zugewandt ist, eine um mehr als $1^1/_4{}^0$F. höhere Temperatur, als für den entgegengesetzten Zeitraum. Dies gibt bei jährlich 13 Umdrehungen der Sonne, einen Ueberschuss von $122{,}5^0$F. Der kälteste Tag trat ein am 1. Januar 1846. Eine Zuziehung der älteren Beobachtungen Musschenbroek's von 1728 bis 1758, änderte die zuerst gefundene Periode um $-\ 0{,}004^d$, so dass sie in runder Zahl 27,68 Tage beträgt. Aehnliche Resultate bezüglich der ungleichen erwärmenden Kraft verschiedner Theile der Sonnenoberfläche hat Buys-Ballot später auch aus den von 1791 bis 1854 in Breslau angestellten Beobachtungen abgeleitet; dagegen hat Lamont aus einer sehr umständlichen Discussion der vom 1. Januar 1781 bis zum 17. März 1840 auf Hohenpeissenberg angestellten Temperaturbeobachtungen, keine mit der Sonne übereinstimmende Periode erhalten können.

Die Schlüsse, welche Nervander und Buys-Ballot aus ihren Untersuchungen gezogen, sind ihrer ganzen Natur nach mannichfachen Bedenken ausgesetzt. Mehr Vertrauen verdienen Secchi's Messungen, wonach die Wärmestrahlung in der Gegend des Sonnenmittelpunktes doppelt so gross wie jene der Sonnenränder ist, und die Aequatorialzone mehr Wärme als die Regionen um die Pole besitzt. Dass die Flecke weniger Wärme ausstrahlen, als die übrigen Theile der Sonnenscheibe, ist durch Henry und Alexander ausser Zweifel gestellt worden, als diese Physiker mittels eines $4^1/_2$füssigen Refractors und unter Anwendung einer Thermosäule, die Wärmestrahlung eines Flecks mit jener der umgebenden Theile der Sonnenoberfläche verglichen. Aus 12 Versuchen am 4. Januar 1845 ergab sich im Mittel, dass der Fleck nur 0,8 der Wärme der benachbarten hellen Fläche ausstrahlt.

Ob aber die Wärmestrahlung der ganzen Sonne in fleckenreichen Jahren geringer ist als in Zeiten, wo weniger Flecke erscheinen, steht dahin. Um diese Frage zu entscheiden, müsste man, streng genommen, die mittlere Erwärmung der ganzen Erdoberfläche kennen. In Ermangelung solcher Grundlagen, versuchte Herschel, das Problem durch Vergleichung der Kornpreise in fleckenreichen und fleckenarmen Jahren zu lösen, ein Versuch, der vielfach ins Lächerliche gezogen wurde, und von dem sein Urheber auch selbst gesteht, dass er nicht entscheidend sein könne. Herschel war übrigens geneigt, aus einer Abwesenheit von Sonnenflecken und der sie begleitenden Erscheinungen, auf Schwäche der Combustion und minder wohlthätige Wirkung auf die Temperatur unseres Planeten

Digitized by Google

und das Gedeihen der Vegetation zu schliessen. Gruithuysen schrieb die grosse Dürre des Jahres 1842 dem Mangel an Sonnenflecken zu, er glaubte ganz bestimmt die Versicherung geben zu können, dass die damalige Witterung, gerade so wie im Jahr 1811, durch das Fehlen von Flecken veranlasst sei. Untersuchungen von Gautier über die Temperaturmittel verschiedener Orte während der Maxima und Minima der Fleckenperiode, ergaben für Paris (aus den Beobachtungen von 1827 bis 1840) einen Unterschied von 0,64° C., für Genf 0,33° C., für den grossen St. Bernhard 0,18° C. Für Helsingfors nach 11jährigen und für Edinburg nach 15jährigen Beobachtungen sind diese Zahlen resp. 1,15 und 1,05° C. alle im Sinne einer geringern Wärmestrahlung beim Fleckenmaximum. Reikiavik zeigte einen Unterschied in der entgegengesetzten Richtung von 1,07° C. Das Mittel aus 33 europäischen Orten ist 0,565°, für 29 amerikanische Stationen ergab sich bloss ein Unterschied von 0,11° C. Die Beobachtungen müssen noch sehr vervielfältigt werden, ehe unangreifbare Schlüsse zu ziehen sind.

Die scheinbare Helligkeit der Sonnenscheibe ist nicht in allen Theilen gleich, sie ist, abgesehen von den Fackeln, am Rande geringer wie in der Mitte. Arago war dieser Ansicht nicht und stritt lange Jahre hindurch mit Herschel, Airy und Hind, dass der Rand der Sonne mehr Licht habe wie der Mittelpunkt. Das Polariskop zeigt vollkommen gleichen Glanz des Sonnencentrums und der Ränder an. Arago erinnert daran, dass in der gasförmigen Umhüllung der Sonne, das von den Rändern emanirende Licht zwar dem Cosinus des Ausfallwinkels proportional ist, dass aber keine Verminderung der Intensität wie bei einem soliden Körper stattfindet, sonach also der Rand heller sein und nur in Folge der Intensitätsschwächung in der Sonnenatmosphäre gleich hell mit dem Centrum erscheinen wird. An einer andern Stelle bemerkt Arago, dass das Centrum $^1/_{10}$ heller als der Rand sei. Ob in der That beim Uebereinanderfallen der Bilder im Polariskop nicht ein blasses Roth (statt reinem Weiss) erscheint, bleibt dahin gestellt; Arago erwähnt nirgendwo, auf welche Weise er sich vollkommen genau von der reinen weissen Farbe überzeugt habe. Die Darstellung der hier berührten Verhältnisse im III. Bande (S. 396) des Kosmos ist breit und fehlerhaft.

Die Intensität der chemisch wirksamen Strahlen der Sonne, ist für die verschiedenen Theile der letztern sehr ungleich. Es ergab sich aus den Versuchen von Roscoe, dass die Südpolarzone bedeutend mehr chemisch wirksame Strahlen aussendet wie die nördlichen Regionen, und dass die Gegenden um den Aequator herum dazwischen fallen.

Im Jahre 1854 hat Sabine aus den magnetischen Beobachtungen zu Toronto, St. Helena und Hobartown nachgewiesen, dass die Sonne einen bemerkbaren Einfluss auf die jährliche Declinationsvariation der Nadel ausübt. Es ergab sich in dieser Hinsicht das bemerkenswerthe Resultat, dass die Abweichungen des Sommer- und Winterhalbjahres gleiche Grösse bei entgegengesetzten Vorzeichen haben, die Sonne also

Digitized by Google

in entgegengesetztem Sinne auf die Magnetnadel wirkt, je nachdem sie sich nördlich oder südlich vom Aequator befindet. Der Uebergang findet nach Sabine nicht gleichzeitig mit dem Durchgange der Sonne durch den Aequator statt, sondern etwas später, gleich als wenn die Sonne ein Magnet wäre und durch ihre Einwirkung in dem Erdkörper Magnetismus inducirt würde. Nach Langberg's desfallsigen Untersuchungen ergibt sich, dass die entgegengesetzte Wirkung erst 16 Tage nach den Aequinoctien bemerklich wird. Secchi ist etwas später zu ähnlichen Resultaten wie Sabine gelangt.

Obgleich es nicht in den Plan des gegenwärtigen Werkes gehört, die Art und Weise zu discutiren, nach welcher am vortheilhaftesten Beobachtungen der Sonnenoberfläche anzustellen sind, so möge doch bei der Wichtigkeit des Gegenstandes, eine gedrängte Uebersicht der Methoden zur Sonnenbeobachtung hier Platz finden. Die ersten Observationen der Sonne mit Hülfe des Fernrohres, wurden nur bei bezogenem Himmel angestellt, auch wählte man hierzu günstige Abendstunden, wenn das Licht der dem Horizont nahen Sonne so gemildert ist, dass das Auge seinen Glanz ertragen kann. In solcher Weise beobachtete zuerst Fabricius; später indess wandte er die Methode der Projection an und liess das Sonnenbild durch eine Oeffnung in ein dunkles Zimmer auf einen Schirm fallen. Denselben Weg schlug auch Galilei ein, auch er beobachtete, anfänglich bei gezogenem Himmel, später aber, durch Castelli aufmerksam gemacht, durch Projection. Vor dem Jahre 1540 war indess schon, wie Apian bemerkt, von einigen Beobachtern der Versuch gemacht worden, farbige Blendgläser zu benutzen, allein diese richtige Beobachtungsmethode verschaffte sich damals so wenig allgemeinen Eingang, dass Scheiner um 1611 grüne Gläser vor das Objectiv setzte, und erst 1620 Tarde das Blendglas an die richtige Stelle, zwischen Ocular und Auge, brachte. Als sich William Herschel mit der Sonne beschäftigte, dachte er auch an Verbesserung der Beobachtungsmittel, und hielt die Anwendung von Flüssigkeiten in parallelwandigen Gläsern vor das Auge gebracht, für am besten. Doch hat Herschel's Vorschlag keinen Anklang gefunden. Neuerdings hat zuerst Dove auf die Anwendbarkeit chemisch versilberter Glasspiegel als Sonnengläser aufmerksam gemacht, und unabhängig hiervon kam Foucault durch viele Versuche mit derartigen Spiegeln auf die Idee, das Objectiv zu versilbern. Die Sonne erscheint dann als scharfe, blaue Scheibe, die Hitze am Ocular ist sehr gemildert und überhaupt sollen auf diese Weise alle erreichbaren Vortheile für Sonnenbeobachtungen vereinigt sein. Porro hat ein „Helioskop", d. h. einen Newton'schen Reflector aus unbelegtem Glase construirt, welcher nur wenig Sonnenlicht reflectirt; dieses fällt auf eine Crownglasplatte, die auf den Polarisationswinkel eingestellt ist, und ehe es zum Ocular gelangt, noch auf eine zweite, beliebig zu stellende Platte.

Digitized by Google

Früher hat man zur Verringerung der Hitze häufig das Objectiv durch ausgeschnittene Deckel verkleinert, allein dadurch begibt man sich anderseits aller Vortheile, welche ein grosses Objectiv gewährt. Noch unpraktischer ist es, die Lichtstrahlen auf ihrem Wege zum Oculare durch sehr enge Oeffnungen in Diaphragmen ähnlichen Blendungen hindurchgehen zu lassen, wie dies von englischen Beobachtern vorgeschlagen worden ist. Die dadurch sehr bemerklich hervortretenden Beugungsphänomene schaden ungemein der Reinheit des Bildes. Ich habe mich bei meinen Sonnenbeobachtungen meist eines Diaphragmas bedient, dessen kreisrunde Oeffnung einen Durchmesser von $^1/_7$. der Objectivöffnung besass und in der halben Focaldistanz von diesem entfernt stand. Es ist dann nur ein verhältnissmässig schwaches Blendglas nöthig, und man hat nicht zu besorgen, dass dasselbe in Folge der Hitze springe; überdies treten auch keine Diffractionserscheinungen auf, wenn man ein Fernrohr von mindestens $3^1/_2$ Zoll Oeffnung anwendet.

Digitized by Google

Das Zodiakallicht.

Ehe wir zur individuellen Betrachtung der Planeten übergehen, erscheint es zweckmässig, hier bei einem Phänom zu verweilen, dessen wahre Natur uns bis jetzt noch durchaus räthselhaft geblieben ist, dem Thierkreis- oder Zodiakallichte.

Die erste Wahrnehmung dieser Erscheinung, gebührt dem grossen Beobachter Tycho de Brahe gegen Ende des sechzehnten Jahrhunderts. Später, 1661, empfahl Childrey das von ihm mehrere Jahre lang im Frühlinge bemerkte Phänom der Aufmerksamkeit der Astronomen; aber erst seit dem Jahre 1683, wo sich Dominicus Cassini mit dieser Erscheinung zu beschäftigen begann, ward das Zodiakallicht Gegenstand genauerer Beobachtungen.

Es ist höchst sonderbar, dass dieser Lichtschimmer, der dem Glanze der Milchstrasse nicht weicht, den Alten und den unter glücklichem Himmel so eifrig beobachtenden Arabern unbekannt geblieben ist, oder warum seiner in den uns überkommenen Schriften wenigstens nicht gedacht wird. Soll man aus diesem Stillschweigen über eine Erscheinung, die selbst in unseren Breiten Jedem, der nach heiterer Abenddämmerung im Frühlinge, oder vor Beginn der Morgendämmerung im Herbste, in der Richtung der Sonne ausschaut, sofort auffällt, schliessen, das Zodiakallicht sei vor drei Jahrhunderten erst entstanden oder doch zu seinem jetzigen Glanze angewachsen? Aber dem steht die durch A. v. Humboldt mitgetheilte Thatsache entgegen, dass in einem alt-aztekischen Manuscripte das Zodiakallicht erwähnt wird, wie es im Jahre 1509 vierzig Nächte lang auf der Hochebene von Mexico am östlichen Himmel wahrgenommen wurde. Ueberdies sind negative Zeugnisse ihrer Natur nach nie so beweiskräftig als positive, und man muss daher annehmen, wie sonderbar dies auch sein mag, dass das Zodiakallicht der Aufmerksamkeit der alten Beobachter einfach entgangen ist, dass es aber nicht jünger sein mag, als auch die übrigen Theile unseres Planetensystems.

Das Thierkreislicht erscheint im Allgemeinen in der Gestalt eines Kegels, dessen Grundfläche durch den Ort der Sonne bezeichnet wird, während die Axe nahe mit der Ekliptik zusammenfällt. Das Phänom ist daher beständig und in seiner schönsten Entfaltung in den ewig heitern,

Digitized by Google

von nur kurzer Dämmerung begleiteten Nächten der Tropenzone zu sehen, weniger prachtvoll und unsicher in den so häufig trüben Morgen- und Abendstunden des Herbstes und Frühlings unserer nördlichen Klimate.

Schon Cassini war auf die, bisweilen 90 Grad vom Orte der Sonne an betragende Ausdehnung des Zodiakalschimmers aufmerksam geworden, allein andere Beobachtungen widersprachen dem und wiesen dem Thierkreislichte geringere Angularausdehnungen als $^1/_4$ Kreisbogen zu. Aus einer grossen Anzahl genauer Beobachtungen, unter welchen besonders diejenigen des Professor Heis in Münster und von Weber in Peckeloh zu nennen sind, habe ich die folgende Tafel der Winkelausdehnungen des Zodiakallichtes für die verschiedenen Monate des Jahres abgeleitet. In dieser Tabelle fehlen nur Juni und Juli, diejenigen Monate, aus welchen bis jetzt keine sicheren Beobachtungen vorliegen.

Winkelausdehnung des Zodiakallichtes.

Januar	2	83,0 Grad	Westseite
„	26	91,8 „	„
Februar	11	81,0 „	„
März	14	74,0 „	„
April	14	75,0 „	„
Mai	4	65,0 „	„
August	1	77,0 „	„
September	15	58,0 „	Ostseite
October	17	74,5 „	„
November	12	71,3 „	„
„	29	56,5 „	„
December	13	61,0 „	„
„	28	80,5 „	Westseite

Man ersieht aus diesen Bestimmungen, dass gewisse Theile des Zodiakallichtes sich weiter als der Halbmesser der Erdbahn vom Sonnenmittelpunkte entfernen, indem der Winkel zwischen Sonne, Erde und der äussersten Spitze des Zodiakalschimmers, bisweilen 90 Grad übersteigt, und zwar um die Mitte des Januar herum.

Wie die Beobachtungen von Prof. Heis und Weber beweisen, ist es selbst in den Breiten des nördlichen Deutschlands möglich, zu gewissen Zeiten beide Hälften des Zodiakallichtes zu sehen, die östliche Abends und die westliche Morgens. Der aufmerksame Beobachter Weber fand am 30. December 1866 aus sorgfältigen Combinationen, dass die Spitze der östlichen Hälfte etwa 2 bis 3 Grad südlich von der Ekliptik lag, während jene der westlichen Anse eben so viel nördlich über die Ebene der Erd-

Digitized by Google

bahn hinausging. Die grösste Intensität des Lichtes hatte die Ostseite und zwar um den 35. Grad von der Sonne herum; die Helligkeit der Westseite, zwischen dem 30. und 31. Grade war weit geringer. Ueberhaupt liegt die grösste Lichtintensität des Kegels zwischen dem 30. und 35. Grade des Abstandes von der Sonne. Im December 1867 fand Weber durch Combination der Morgen- und Abendbeobachtungen, als Gestalt des Zodiakallichtes eine längliche Ellipse. Die grosse Axe derselben betrug 144 Grad, die kleine, der Zeichnung auf einem achtzehnzölligen Sternglobus zufolge, nahe 31 Grad. Das Verhältniss beider zu einander wäre demnach wie 4,7 : 1. Die Neigung der grossen Axe gegen die Ekliptik betrug etwa 3 Grad. Die hier angegebenen Winkeldimensionen sind freilich nur relative und abhängig von dem Diaphanitätszustande unserer Atmosphäre und der Sehkraft des Beobachters. Wie bedeutend diese Umstände die Beobachtungen beeinflussen, zeigt sich aus der Vergleichung der Resultate Weber's mit jenen eines wenige Meilen westlich stationirten Beobachters, des Prof. Heis in Münster. Der Unterschied in der Position der Spitze des Zodiakallichtes betrug am 24. December 1867 in Rectascension 10 Grad, in Declination volle 13 Grad, um welche Professor Heis das Thierkreislicht weiter ausgedehnt sieht. Das Auge des Münster'schen Astronomen ist eines der schärfsten, die überhaupt existiren. Eine vollständige Beobachtung des Zodiakallichtes am Abend und am darauffolgenden Morgen, wurde von Heis am 3. und 4. Februar 1856 angestellt. Am 3. Februar Abends 7 Uhr war das Zodiakallicht nach der Dämmerung auffallend hell und die Spitze erschien nördlich von λ und μ des Walfischs, in 90 Grad östlicher Elongation von der Sonne. Bei sehr heiterer Atmosphäre und — 7° R. Lufttemperatur, wurde 9 Stunden später, am 4. Februar $4^1/_2$ Uhr früh, der westliche Theil des Thierkreisscheines beobachtet. Die Länge der Spitze betrug 237 Grad, jene der Sonne 313 Grad, die westliche Elongation oder Winkelausdehnung demnach 76 Grad. Die Figur des Lichtschimmers war nahezu eine Ellipse von 166 Grad Länge der grossen und 33 Grad der kleinen Axe, das Verhältniss beider also nahe wie 5 : 1. Merkwürdiger Weise befand sich die Sonne nicht ganz in der Mitte, sondern war dem westlichen Rande näher als dem östlichen, und dem südlichen näher als dem nördlichen. Wahrscheinlich ist indess diese letztere Thatsache bloss subjectiver Natur und durch die ungleiche Heiterkeit des Himmels Abends und Morgens, veranlasst worden. Man bemerkt nicht ohne Erstaunen, wie die Zodiakallichtellipse bloss noch einer Ausdehnung von 14 Grad bedürfte, um den halben Himmel zu überspannen. Nichts beweist aber, dass sie diese letztere Ausdehnung nicht in der That besitzt, ja man darf annehmen, dass die Winkelausdehnung des Thierkreislichtes 180 Grad noch um ein Gewisses überschreitet.

Im Allgemeinen scheint die Helligkeit des Thierkreislichtes periodischen Schwankungen unterworfen zu sein. Verschiedenen Beobachtern zufolge, soll das Phänom häufig bei sternenbesäetem Himmel nur sehr

Digitized by Google

schwach erscheinen, häufig hingegen von ausgezeichnetem mildem Glanze und mattgelblicher Färbung. Nach Weber erscheint der Zodiakalschimmer im Vergleich mit dem Lichte einer Sternschnuppe vierter Grösse, sehr matt und schmutziggelb; auch soll die Axe der grössten Helligkeit nicht immer in der Mitte des pyramidalen Kegels liegen. Freilich hat auch die so wechselvolle Heiterkeit des Himmels sehr bedeutenden Einfluss auf die Intensität der Erscheinung. Humboldt berichtet, dass ihm die Lichtstärke des Phänoms in dem Maasse zuzunehmen schien, als er sich in Südamerika und der Südsee dem Aequator näherte. Dort übertraf, besonders in Höhen von acht- bis zwölftausend Fuss, der Glanz nicht selten die schönsten Stellen der Milchstrasse zwischen dem Adler und Schwan. Doch war der Verfasser des Kosmos geneigt, die Veränderlichkeit des Glanzes hauptsächlich von einer innern Veränderlichkeit des Phänoms selbst abhängig zu machen. Weber glaubt, dass das Thierkreislicht in den letzten Jahren an Intensität sehr gewonnen habe. Im November 1866 trat es so hell auf, dass es, wenn das Mondlicht auch die Milchstrasse verwischt hatte, doch noch recht gut zu erkennen war; selbst der Anbruch der Morgendämmerung vermochte es nicht zu dämpfen.

Es hat seine Schwierigkeiten, aus den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen, die wahre Gestalt und Lage des Thierkreislichtes abzuleiten. Dass die pyramidale Form nur eine scheinbare und eine Projection der wahren, scheiben- oder ringförmigen Gestalt ist, unterliegt keinem Zweifel. Schwieriger aber bleibt es, zu entscheiden, ob man es in der That mit einer flachgedrückten, linsenartigen Scheibe, gleichsam der erweiterten Sonnenatmosphäre, oder mit einem grossen, freischwebenden, mildleuchtenden Ringe von dunstartiger Materie zu thun hat. Der erstern Hypothese stehen mehrere gewichtige Bedenken entgegen. Eine angenommene Sonnenatmosphäre kann in Folge der mit zunehmender Entfernung vom Sonnenmittelpunkte schnell wachsenden Schwungkraft bei abnehmender Schwere, sich kaum bis zu 0,436 des Merkur-Abstandes erstrecken. Ueber diese Distanz hinaus kann die Anziehung des Sonnenkörpers der Schwungkraft nicht mehr das Gleichgewicht halten; die einzelnen Theilchen müssen vielmehr nach der Tangente der Bewegungsrichtung hin entweichen und sich entweder zu kugelförmigen Planeten ballen, oder als zusammenhängende Ringe einen selbständigen Umlauf fortsetzen. Dieses letztere könnte nun in der That der Fall sein, und das Zodiakallicht besteht vielleicht aus einem flachen, nur wenig gegen die Ebene der Erdbahn geneigten dunstartigen Ringe, der zwischen der Venus- und Marsbahn frei im Weltraume schwebt und durch welchen die Erde in ihrem jährlichen Umlaufe um den Anfang des Jahres herum hindurchgeht.

Versucht man aber graphisch, aus den beobachteten Längenausdehnungen des Zodiakallichtes mit Rücksicht auf die Zeiten der Beobachtung die näherungsweise Lage des Dunstringes gegen die Erdbahn zu bestimmen, so ergeben sich die Dimensionen desselben immerhin so wenig von denjenigen der Erdbahn abweichend, dass man versucht wird, in dem Thier-

Digitized by Google

kreislichte ein mit der Erde in näherem Zusammenhange stehendes Phänom zu erblicken.

Schon im Jahre 1856 hat Professor Heis die Ansicht ausgesprochen, das Zodiakallicht möge vielleicht ein nebelartiger Ring sein, der innerhalb der Mondbahn um die Erde circulire. Später gelangte ein anderer thätiger Beobachter des Phänoms, Jones, zu einem ähnlichen Resultate.

Untersucht man unter dieser Voraussetzung die Eigenthümlichkeiten, welche das Thierkreislicht zeigen muss, so ergibt sich sofort, dass, weil der (hauptsächlich nur durch die Sonne erleuchtete Nebelring) vielleicht nicht 4 Grad gegen die Ekliptik geneigt ist, und die Sonne sowie der Erdschatten beständig in der Ekliptik sich befinden, das Zodiakallicht allerdings niemals als vollständiger Bogen erscheinen kann, sondern ein Theil davon durch den Erdschatten verfinstert ist. Fiele die Ekliptik mit dem Aequator zusammen, so müsste sich das Phänom um Mitternacht beständig als aus zwei gleich grossen, symmetrischen Lichtpyramiden bestehend darstellen, deren Spitzen durch einen dunklen Zwischenraum, den Schatten der Erde, getrennt sind. Das ganze Jahr hindurch müssten beide Lichtpyramiden in jeder klaren Nacht in gleicher Lage und Deutlichkeit wahrgenommen werden können; ferner würden sie eine der scheinbaren nächtlichen Bewegung der Sonne unter dem Horizonte entsprechende stündliche Variation in der Lage der Spitzen zeigen. Weil indess Ekliptik und Aequator nicht zusammenfallen, so kann, besonders in höheren Breiten, das Phänom nicht beständig dieselbe scheinbare Lage gegen den Horizont behalten. Im Sommer liegt der nächtlich sichtbare Theil der Ekliptik tief am Horizonte, während er im Winter hoch gegen das Zenith hinaufsteigt. Das Zodiakallicht ist daher in nördlichen Gegenden im Winter ungleich besser sichtbar als im Sommer; dagegen bleibt unter den angenommenen Umständen die stündliche Variation in der Lage der Spitzen unverändert bestehen.

Nun haben in der That mehrere genaue Beobachter im Winter bei klarem Himmel zuweilen zwei Zodiakalschimmer bemerkt, die sich in der Ekliptik durch einen breiten Zwischenraum getrennt befanden; ebenso lässt sich aus einzelnen zuverlässigen Beobachtungen eine Art stündlicher Variation der Spitze der Lichtpyramide nachweisen.

In je weiterm Abstande von der Erde der Nebelring sich befindet, um so schmaler muss der durch den Erdschatten erzeugte dunkle Zwischenraum zwischen beiden Lichtpyramiden werden. Ist diese Entfernung aber gering, so wird der Zwischenraum grösser, und wenn man die vorhandenen Beobachtungen des „Gegenscheines“ vom Zodiakallichte zu Grunde legt, so würde sich ergeben, dass der Dunstring der Erdoberfläche in der That äusserst nahe ist, wenngleich es unstatthaft bleibt, jetzt schon bestimmte Zahlen anführen zu wollen. In diesem Falle würde ferner die Spitze des Thierkreislichtes von zwei hinreichend verschiedenen Orten aus gesehen, parallactische Verschiebungen zeigen, worauf gleichfalls gewisse Anomalien in verschiedenen Beobachtungen hindeuten.

Digitized by Google

Nach Brorsen's Beobachtungen, ist im October der Gegenschein des Zodiakallichtes häufig sehr ausgesprochen wahrnehmbar, doch gelang es Heis in Münster niemals, denselben zu erblicken, obgleich er sich absichtlich darnach umsah. Verschiedene geübte Beobachter wollen auch Verzweigungen des Zodiakallichtes bis über das Zenith hinaus wahrgenommen haben. Bei dem gegenwärtigen Zustande unseres Wissens bleibt es schwierig zu entscheiden, was von diesen Wahrnehmungen objectiv, in der Natur begründet, was subjectiv, ein Resultat mehrerer, oft sehr verschiedenartiger Ursachen ist. Im Ganzen aber findet sich die Hypothese, welche in dem Thierkreislichte einen innerhalb der Mondbahn unsere Erde umkreisenden Ring sieht, noch am besten mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung. Nur bleibt es nach derselben noch unaufgeklärt, weshalb der Gegenschein des Thierkreislichtes auch im Herbste und Winter so selten und unbestimmt erscheint, weshalb man ihn dann nicht von derselben Intensität wie das eigentlich sogenannte Zodiakallicht erblickt.

Alle Eigenthümlichkeiten dieses geheimnissvollen Phänoms müssen in südlicheren Regionen, besonders an Orten von bedeutender Seehöhe, untersucht werden, vor allem zur Zeit unserer Sommermonate.

Rohlf's behauptet, dass das Zodiakallicht schon in Marokko während des August deutlich zu sehen sei; die günstigsten Regionen zu seiner Sichtbarkeit sind aber ohne Zweifel die australischen Inseln der Südsee, wo die Erscheinung in den Monaten Juni, Juli und August, Morgens und Abends sehr klar sich darstellt, so wie ferner die Hochebenen von Peru und Mexiko. Beobachter in jenen Gegenden müssen ihr Hauptaugenmerk auf die genaue Lage der Spitze des pyramidalen Lichtschimmers in Bezug auf die umgebenden Sterne richten. Sie werden auch entscheiden können, ob durchgängig ein, wenn auch nur schwacher Gegenschein, d. h. eine symmetrisch gegen die erste gestellte zweite Lichtpyramide existirt, oder ob dieser, von Einigen wahrgenommene phosphorische Schein, anderer Ursache zuzuschreiben ist.

Digitized by Google

Merkur.

Von der Sonne, dem Centralpunkte der Bewegung, dem Ursitze des Lichtes und der Wärme für die ganze planetarische Welt, steigen wir herab zu den umkreisenden Planeten und ihren Satelliten. Der nächste dunkle Wandelstern, auf den wir treffen, ist Merkur, im Sanskrit Budha genannt und in der Planetenverehrung der Sipasier dargestellt mit einem Fischkörper und Eberkopfe.

Die Griechen nannten ihn wegen seines hellen Lichtes den Glänzenden, auch Apollo und Merkur; letztere Bezeichnung galt ihm wahrscheinlich mit Anspielung auf seine Sichtbarkeit in der Morgen- und Abenddämmerung.

Ob zwischen Merkur und der Sonne noch ein oder mehrere Planeten kreisen, muss zur Zeit dahin gestellt bleiben. Allerdings wollen mehrere aufmerksame Sonnenbeobachter bisweilen den Durchgang eines scharf begrenzten, runden, schwarzen Punktes wahrgenommen haben; aber alle diese Beobachtungen genügen keineswegs, die Existenz eines intramerkurialen Planeten zu erweisen. Wolf macht indess vorzugsweise auf folgende Beobachtungen aufmerksam, bei welchen der Durchgang eines schwarzen Punktes vor der Sonne bemerkt wurde.

D'Angos	1798	Januar	18.
Fritsch	1802	October	10.
Stark	1819	„	9.
„	1820	Februar	2.
Lescarbault	1859	März	26.

Diese Beobachtungen umfassen eine Periode von 14287 Tagen, die sich in 680 kleinere Perioden zu 21,010 Tage zerlegen lässt. Die Existenz eines Planeten innerhalb der Merkurbahn ist neuerdings von Leverrier als sehr wahrscheinlich dargestellt worden, indem dieser Mathematiker, aus seinen Untersuchungen über die Bewegung des Merkur, auf das Vorhandensein eines, die Merkurbewegung störenden Wandelsternes schloss. Dieser Schluss schien durch die Wahrnehmung Lescarbault's eine gewisse Bestätigung zu finden, allein seitdem hat man von dem vermutheten Planeten nichts mehr gesehen, und Delaunay hat auch das Unzureichende der Leverrier'schen Behauptung überzeugend nachgewiesen.

Digitized by Google

Die Benennung „Vulcan", welche von gewisser Seite her dem supponirten Planeten war zugetheilt worden, ist also jedenfalls verfrüht gewesen. Die Wahrnehmung dunkler Punkte vor der Sonnenscheibe kann nicht als Beweis eines solchen obersten Planeten gelten, sobald die Beobachter nicht überzeugend nachzuweisen vermögen, welche Mittel sie besassen, sich zu vergewissern, dass das Wahrgenommene kein entferntes Meteor gewesen. Fleissige Sonnenbeobachter, wie z. B. Weber in Pekeloh, haben häufig Gelegenheit gehabt, dunkle Punkte vor der Sonne vorbeiziehen zu sehen, sich aber immer noch überzeugt, dass es entfernte Meteore waren, wie man deren, wenngleich äusserst selten, auch bisweilen nächtlich vor der Milchstrasse vorbeiziehen sieht. Die Möglichkeit der Existenz eines jenseits des Merkur die Sonne umkreisenden Planeten, ist an und für sich nicht in Abrede zu stellen; hier galt es nur die Wahrscheinlichkeit zu erörtern, die dafür spricht, dass gegenwärtig ein derartiger Planet eine Spur seines Daseins verrathen habe.

Merkur ist wegen seiner grossen Nähe bei der Sonne für das blosse Auge schwierig zu sehen. Copernicus soll noch auf seinem Sterbebette beklagt haben, er werde ins Grab steigen, ohne jemals den Merkur gesehen zu haben. In den viel heiterern südlichen Regionen, ist der Planet nach Sonnenuntergang leichter wahrzunehmen, auch besitzt man aus dem Alterthum und Mittelalter eine Anzahl von Beobachtungen des Merkur, von denen die aus letzterer Zeit stammenden, zum Theil in Gegenden angestellt wurden, die eine gleich trübe Atmosphäre haben, wie die Weichselniederungen, wo der unsterbliche Copernicus seine Tage beschloss.

Die mittlere Entfernung Merkurs von der Sonne, oder die halbe grosse Axe seiner Bahn, beträgt 0,3870987, wenn der mittlere Abstand der Erde von der Sonne zur Einheit genommen wird. Die Excentricität der Merkurbahn ist die bedeutendste von allen, die wir bei den alten Planeten finden, nämlich (für 1800): 0,2056003 mit einer noch nicht genau ermittelten jährlichen Zunahme von $(0{,}0000002053 - 0{,}00000000000042t)t$, wo t die Zahl der Jahre seit 1800. Die Excentricität der Merkurbahn ist unter allen der Planetenbahnen am frühesten erkannt worden. Alphons X., dessen Beobachtungen bis ins 11. Jahrhundert hinaufreichen, hatte schon erkannt, dass Merkur sich nicht in einem Kreise bewegt; die Bahn findet sich im 3. Bande seiner astronomischen Werke ausdrücklich als oval bezeichnet.

Im Perihel steht der Planet 6,2 Millionen, im Aphel 9,3 Millionen Meilen vom Sonnencentrum entfernt. Hiermit sind jedoch nicht seine grössten und kleinsten Entfernungen von der Erde zu verwechseln, denn er kommt uns nie näher als etwa 10 Millionen Meilen, kann sich aber bis auf 29 Millionen Meilen von uns entfernen.

Die Neigung der Bahn des Merkur gegen die Ekliptik beträgt (1800): $7^{\circ}\,0'\,4{,}53''$ mit einer Zunahme von $(0{,}0748'' - 0{,}00001269''\,t)t$.

Die Länge des aufsteigenden Knotens ist $45^{\circ}\,57'\,38{,}75'' + (42{,}698'' + 0''{,}0000378t)t$.

Digitized by Google

Die Länge des Perihels beträgt 74° 20′ 41,2″ mit einem tropischen Vorrücken von $(55{,}522'' + 0'',0001110t)t$.

Merkur zeigt Phasen wie der Mond, wird also gleich diesem von der Sonne erleuchtet, doch ist der vollständige Kreislauf dieser Phasen in eine grössere Periode eingeschlossen; die wahre, siderische Umlaufszeit des Planeten beträgt 87^d, 9692578 oder $87^d\ 23^h\ 15^m\ 44^s$.

Der Erste, der die Phasen Merkurs gesehen hat, war, wie Riccioli bemerkt, der Jesuit J. B. Zupus im Mai 1639.

Bei seiner untern Conjunction, wenn die Breite des Planeten geringer als der Sonnenhalbmesser ist, projicirt er sich bisweilen für unsern Anblick als kleiner schwarzer Kreis auf der leuchtenden Sonnenscheibe. Den ersten Merkurdurchgang, den Kepler nach seinen neuen Planetentafeln berechnet hatte, beobachtete Gassendi am 7. November 1631.

Die Annales Regum Francorum, deren Verfasser Eginhard sein soll, sprechen von einem achttägigen Durchgange des Merkur vor der Sonnenscheibe. Der Planet sei als kleiner schwarzer Fleck etwas über dem Sonnenmittelpunkte sichtbar gewesen und acht Tage lang wahrgenommen worden, wenngleich die Zeiten des Ein- und Austritts wegen Bewölkung nicht anzugeben seien. Ebenso behauptete im 12ten Jahrhunderte der Araber Averrhoes den Merkur vor der Sonne gesehen zu haben. Allein da der Planet alsdann nur etwa 12″ gross erscheint, so ist es durchaus unmöglich, eine solch' kleine schwarze Scheibe auf der Sonne mit blossem Auge zu sehen.

Die Durchgänge sind für die Bestimmung der Merkurbahn von grösster Wichtigkeit und die Genauigkeit ihrer Vorausbestimmung beruht umgekehrt auf der Kenntniss der Bahnelemente dieses Planeten. Noch im Jahre 1786 waren die Vorausbestimmungen Lalande's über den Austritt des Merkur am Sonnenrande, um volle 53 Minuten unrichtig. Seitdem sind zwar die Tafeln der Bewegung dieses Planeten sehr vervollkommnet worden, allein erst in neuester Zeit haben sie durch Leverrier denjenigen Grad der Sicherheit erlangt, mit dem man sich vorläufig zufrieden stellen kann.

Für den vorletzten Merkurdurchgang, der am 12. November 1861 statt hatte, ergaben die älteren Tafeln Lindenau's den Augenblick des Austritts, auf den Erdmittelpunkt reducirt, um 9 Uhr 24 Min. 42 Sec mittl. pariser Zeit, dagegen die Tabellen Leverrier's um 9 Uhr 27 Min. 38 Sec. Die Beobachtungen, reducirt auf den Erdmittelpunkt und mittlere pariser Zeit, ergaben:

Rom	P. Secchi	Berührung	9^h	27^m	45^s
„	Calandrelli	„	9	27	40
„	Herzog v. Massimo	„	9	27	43
Altona	Pape	„	9	27	42
„	Peters	„	9	27	35
Malta	Barthe	„	9	27	27

Digitized by Google

Das Mittel aus diesen Beobachtungen ist $9^h\ 27^m\ 38{,}7^s$, und weicht von Leverrier's Rechnung nur um $0{,}7^s$ ab, während es $2^m\ 57^s$ von den früheren Tafeln differirt. Der letzte Durchgang am 4. November 1868 hat nach Leverrier's Zusammenstellung der bekannt gewordenen Beobachtungen, ebenfalls im Ganzen eine befriedigende Uebereinkunft mit der Vorausberechnung ergeben.

Die wahre Grösse Merkurs berechnet sich, wie bekannt, aus der scheinbaren Winkelausdehnung seiner Scheibe, doch sind Mikrometermessungen der letztern wegen ihres starken Lichtes ganz besonders schwierig. Die störende Einwirkung der Irradiation bewirkt, dass Messungen der so glänzend hellen Merkurscheibe, durchgängig zu gross ausfallen. Der Gedanke liegt daher nahe, Mikrometermessungen des Planeten gelegentlich seiner Durchgänge auszuführen, wo er schwarz auf hellem Grunde erscheint. Allein auch in diesem Falle wirkt die Irradiation störend, indem jetzt die helle Umgebung in die dunkle Scheibe eingreift, ohne dass der Betrag dieser Irradiation sich aus den Beobachtungen mit Sicherheit bestimmen liesse. So fand Gambart bei dem Durchgange im Mai 1832 den Winkeldurchmesser Merkurs, auf die Sonnenentfernung reducirt, gleich $5{,}184''$, während Beer und Mädler dafür $5{,}8165''$ erhielten. Allein beide Resultate sind in Folge der Irradiation zu klein. In der That bestimmte Bessel am Königsberger Heliometer den fraglichen Durchmesser zu $6{,}6974''$, und überzeugte sich gleichzeitig durch Vergleichung des direct gemessenen Sonnendurchmessers mit dem aus der Dauer des Durchganges abgeleiteten, dass sein Instrument frei von Irradiation sei.

Der wahre Durchmesser des Merkur ergibt sich hiernach zu 644 geogr. Meilen. Die Oberfläche dieses Planeten beträgt also 1,300,000 Quadratmeilen und sein Volum 132,000,000 Cubikmeilen. Merkur besitzt ungefähr das dreifache Areal des gesammten russischen Kaiserreiches.

Nach Enckes älteren Bestimmungen, wurde die Masse des Merkur zu $\frac{1}{4866000}$ der Sonnenmasse angenommen; in neuester Zeit wird der Werth $\frac{1}{6343000}$ vielfach vorgezogen. Hieraus ergibt sich die mittlere Dichtigkeit des Planeten gleich 1,56 von derjenigen der Erde, und man kann denselben in Rücksicht auf Dichtigkeit und Masse, bei der bekannten Grösse, als eine compacte Kugel aus gegossenem Eisen ansehen.

Ueber die individuellen Eigenthümlichkeiten der Oberfläche des Merkur, weiss man nur wenig Bestimmtes. Eine für uns noch wahrnehmbare Abplattung an den Polen ist von vornherein wenig wahrscheinlich und dergleichen auch bisher durch keine genaue Messung nachgewiesen worden. Die Beobachtung einer ovalen Gestalt, welche Gallet 1677 gemacht haben will, ist wegen der Unvollkommenheit des dabei benutzten Borelli'schen Fernrohres unzuverlässig, und der von Dawes gefundenen Abplattung von $\frac{1}{20}$, stehen die Bessel'schen Messungen entgegen, aus denen keine Abweichung von der Kreisgestalt folgt, wie solche auch theoretisch schwer erklärbar wäre.

Schröter und Harding glaubten im Jahre 1801 Flecke und einen

Digitized by Google

dunklen Streifen auf der Merkurscheibe wahrzunehmen, auch war Ersterer geneigt, an temporäre, meteorologische Veränderungen in der Atmosphäre jenes Planeten zu denken, indem er bisweilen plötzliche Aufheiterungen und Verdunkelungen gewisser Theile der Scheibe bemerkt haben will. Aber gewiss sind jene plötzlichen Aufheiterungen einzelner Theile der Merkurscheibe nur scheinbare und in den Aufheiterungen unserer eigenen Atmosphäre zu suchen, durch welche hindurch der Beobachter den Planeten erblickt. Dagegen dürfte es bedenklich sein, die Wahrnehmung von Flecken, welche Schröter und Harding machten, als unzuverlässig zu bezeichnen, wie dies in neuerer Zeit bisweilen geschehen ist. Schwieriger und leichter einer Täuschung unterliegend sind allerdings die Beobachtungen einer abgestumpften Gestalt des südlichen Horns des Planeten, wenn dieser als schmale Sichel erscheint. Schröter nahm an, diese periodische, von ihm zuerst wahrgenommene Abstumpfung, werde durch einen oder mehrere hohe Berge veranlasst, wodurch das Sonnenlicht aufgehalten würde und nicht die äusserste, südliche Spitze erreiche. Er berechnete die Höhe dieser Berge auf 58000 Fuss und schloss aus dem periodischen Wiedererscheinen der Abstumpfung, auf eine Umdrehungszeit von $24^{h}\ 5^{m}\ 30^{s}$. Beide Resultate unterliegen indess manchen Bedenken. Wenn auch die Annahme hoher Gebirge in den Gegenden des südlichen Horns der Merkursichel statthaft ist, ja sogar sehr vieles für sich hat, so bleibt doch, bei der grossen Entfernung des Planeten, in der uns durchgängig eine Meile unter dem Winkel von 0,1″ erscheint (eine Grösse, die nach Herschel's Versuchen erst bei etwa 1000facher Vergrösserung sicher aufgefasst werden kann) und bei der Ungewissheit, in der wir über die Lage seiner Axe sind (nach Schröter soll der Aequator des Merkur mit der Ebene der Bahn einen Winkel von 20^{0} bilden), eine Höhenbestimmung jener Gebirge sehr gewagt. Aber auch die Bestimmungen der Umdrehungszeit aus der Gestalt der Hornspitzen könnten, abgesehen von den hier so leicht möglichen Täuschungen, nur dann Aussicht auf Genauigkeit haben, wenn die Grösse der Phase, also die Breite der hellen Sichel, eine sehr geraume Zeit hindurch die nämliche bliebe.

Betrachtet man die, nur während einer kurzen Zeit von Schröter und Harding gesehenen Merkurflecke als Analoga unserer Wolken, so folgt daraus das Vorhandensein einer Atmosphäre um diesen Planeten von selbst. Aber auch abgesehen von dem leuchtenden Ringe, den mehrere Beobachter (Messier, Méchain, Schröter) während des Vorüberganges vor der Sonne um die Merkurscheibe gesehen haben wollen, dem indess Herschel und die meisten übrigen Astronomen widersprechen, findet man den Beweis für das Vorhandensein einer Dunsthülle um den Planeten, darin, dass die Grenzlinie des erleuchteten Theiles gegen den dunkeln hin, matter als die übrigen Punkte der glänzenden Sichel erscheint. Auch sahen am 29. September 1832 die Beobachter Beer und Mädler in Berlin, die Lichtgrenze nicht ganz scharf, sondern etwas verwaschen. Sie fanden ferner die Breite des erleuchteten Theiles gleich 0,625 vom Durch-

Digitized by Google

messer des Planeten, während sie der Rechnung nach 0,725 hätte sein müssen, solches deutet ebenfalls auf eine ziemlich dichte Atmosphäre und auf Gebirge.

Das Vorstehende ist so ziemlich Alles, was wir bisher über die Oberfläche des Merkur durch directe Beobachtung wissen, wenngleich wir uns noch verschiedene Eigenthümlichkeiten derselben, welche aus seiner Grösse und planetarischen Stellung nothwendig resultiren, versinnlichen können. Auch solches gehört in den Kreis astronomischer Erörterung, wenn die Wissenschaft von dem Gebiete einseitig abstracter Beobachtung hinaus, in fruchtbringende, anregende und Fortschritt erzeugende Beziehung zu dem nimmer rastenden Menschengeiste treten will, wo die unruhevoll grübelnde Vernunft in kritisch philosophischer Betrachtung die Natur zu erfassen strebt.

Wenn in der That, wie Schröter behauptet, der Winkel, den der Aequator Merkurs mit der Bahnebene dieses Planeten bildet, etwa 20° beträgt, so ist das Verhältniss der Jahreszeiten dort demjenigen auf unserer Erde ziemlich gleich; ebenso jenes der Tageslängen für die verschiedenen Epochen des Merkurjahres und die einzelnen Punkte der Oberfläche dieses Planeten. Aber die Dauer der einzelnen Jahreszeiten ist dort mehr als viermal kürzer wie auf unserer alten Erde, indem sie nur auf je drei Wochen steigt. Abgesehen von der Intensität der Wärme, die, wenn sie ausschliesslich von dem Abstande von der Sonnenoberfläche abhinge, auf dem Merkur durchschnittlich 6,674 mal bedeutender als auf unserer Erde sein müsste, könnten schon wegen der kurzen Dauer der verschiedenen Jahreszeiten; viele unserer irdischen Pflanzen dort nicht zur vollen Entwicklung gelangen. Die Wärmeverhältnisse hängen aber mit ab von der eigenthümlichen Beschaffenheit der Planetenatmosphäre und der Vertheilung des Starren und Flüssigen auf der Oberfläche. Dagegen erleuchtet die Sonne den Merkur mit einer weit bedeutendern Lichtintensität wie die Erde, indem dieser Planet in seiner Sonnennähe 10,58 und in seiner Sonnenferne noch 4,59 mal mehr Licht empfängt wie der Erdball. Nach den schönen Versuchen von Boussingault über den Einfluss des Lichtes auf die Entwicklung der Pflanzen, könnte solche vermehrte Intensität des Lichtes neben jener der Wärme, vielleicht die kurze Vegetationsdauer auf dem Merkur compensiren.

Wegen der geringen Masse dieses Planeten, ist die Schwerkraft an seiner Oberfläche weniger bedeutend als auf der Erde; der Fallraum in der ersten Secunde beträgt nur 8,7 Fuss. Das Gewicht, d. h. der Druck eines Gegenstandes gegen seine Unterlage, ist demnach auf Merkur nur 0,6 von demjenigen auf der Erde.

Bei Speculationen über die individuellen und vegetativen Verhältnisse ferner Weltkörper, erscheint die Phantasie doppelt angeregt, auf den wenigen sichern, durch Beobachtung erhaltenen Grundlagen weiterbauend, Gebilde herzustellen, deren Realität sich niemals wird nachweisen lassen.

Digitized by Google

Venus.

Der zweitnächste Planet bei der Sonne unter allen bekannten, welche die Weltleuchte in elliptischen Bahnen umkreisen, ist Venus, der „Morgen"- und „Abendstern" bei fast allen Völkern. Er ist in der That der schönste Stern am Himmel und ausser der Sonne und dem Monde der Einzige, dessen Licht so hell, dass es deutlich einen Schatten hinter dem beleuchteten Körper erzeugt. Im Sanskrit heisst Venus 'sukra, d. h. der Glänzende, auch wohl bisweilen daitya-guru, d. h. Titanenlehrer. In der Planetenverehrung der Sipasier wird der Stern Nahid genannt und Kanne nebst Oelflasche haltend abgebildet.

Venus zeigt als unterer Planet ähnliche Lichtgestalten wie Merkur; gesehen wurden diese Phasen zuerst von Galilei im Jahre 1610 unter Anwendung des eben erfundenen Fernrohres.

Die mittlere Entfernung der Venus von der Sonne beträgt 0,7233322 und die Excentricität, die geringste bei den bekannten Hauptplaneten, 0,00685903 — (0,0000004800 — 0,0000000000107 t)t.

Die wahre siderische Umlaufszeit ist 224^d, 7007869 oder 224 Tage 16^h 49^m 8^s. Weil die Bahn nur wenig vom Kreise abweicht, so ändert sich die mittlere Entfernung von der Sonne (14,9 Millionen Meilen) nur ziemlich unbedeutend; dagegen variirt die Distanz von der Erde zwischen 5 und 35 Millionen Meilen.

Die Länge des Perihels beträgt (für 1800,0) 128^0 42′ 48,2″, mit einem tropischen Vorrücken von (50,602″ — 0,0003878″t)t.

Die Länge des aufsteigenden Knotens ist 74^0 52′ 58,0″ und nimmt tropisch um (32,861″ + 0,0000858″t)t zu.

Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik beträgt 3^0 23′ 28,1″ mit einer jährlichen Zunahme von (0,0384″ — 0,0000209″t)t.

In Folge der grossen Unterschiede der Entfernung, in welchen sich Venus von der Erde befinden kann, zeigt sich auch der Glanz dieses Planeten sehr verschieden. Im hellsten Lichte erscheint derselbe für die Erde in einem Theile seiner Bahn zwischen der untern Conjunction und der grössten Digression. Nach Professor Wittstein findet dies statt 35 bis 38 Tage vor oder nach der Conjunction, während man früher 50 und selbst 70 Tage dafür annahm. Die Breite der leuchtenden Sichel beträgt dann noch nicht ein Viertel vom scheinbaren Durchmesser des Planeten,

Digitized by Google

aber die grosse Erdnähe bewirkt, dass ihr Licht stark genug erscheint, um in Abwesenheit der Sonne Schatten zu werfen.

Das überhaupt erreichbare Maximum des Glanzes findet nach Ablauf von je 8 Jahren statt und der Planet ist dann am hellen Tage nahe bei der Sonne für das blosse Auge sichtbar.

Mit Uebergehung der Erzählung Varro's, dass Aeneas auf der Fahrt von Troja nach Italien Venus am Tage gesehen habe, möge hier erwähnt werden, dass dieser Planet in den Jahren 1609, 1630, 1716, 1750, 1760 und 1799 an verschiedenen Orten in grossem Glanze neben der Sonne ist wahrgenommen worden. Professor Heis bemerkt, dass er sehr häufig bei hellem Sonnenscheine Venus (und selbst Merkur) habe wahrgenommen, zur Zeit ihres grössten Glanzes sogar in den Mittagstunden. Nach Schmidt lässt sich für Athen unter günstigen Umständen Venus in der Dämmerung noch sehen, wenn ihr scheinbarer Abstand vom Sonnenmittelpunkte 10 bis 11 Grad beträgt.

Der mittlere scheinbare Durchmesser dieses Planeten reducirt auf die Entfernung der Erde von der Sonne beträgt nach den älteren Messungen 16,8″; Arago fand später 16,90″. Eine Reihe genauer Messungen, die Mädler in den Jahren 1833 und 1836 zu Berlin anstellte und wobei die constanten Fehler der Messungen (Irradiation, fehlerhafte Fädendicke etc.) aus diesen letzteren selbst bestimmt wurden, ergab als Resultat für den Venusdurchmesser 17,134″. Lässt man diesen Werth gelten, so findet man für den Durchmesser des Planeten 1648 deutsche Meilen. Da nun seine Masse $\frac{1}{412150}$ der Sonnenmasse beträgt, so ist seine durchschnittliche Dichtigkeit 0,97 von jener unserer Erde, also bis auf einen unbedeutenden und füglich in den Beobachtungen selbst liegenden Bruchtheil dieser vollkommen gleich. Secchi's neuere Messungen des Venusdurchmessers im Jahre 1857, weichen bedeutend von einander ab; sie ergeben 16,46″ am Tage und 17,22″ Nachts.

Der Fall der Körper auf der Venusoberfläche, beträgt in der ersten Secunde 14 pariser Fuss, also nur $^1/_{15}$ weniger als auf unserm Planeten.

Die Venusscheibe zeigt keine Spur von Abplattung; ebenso gehört die Wahrnehmung dunkler Flecke auf derselben zu den seltensten Ausnahmen. Der Erste, der derartige Flecke sah, war Dominicus Cassini, am 28. April 1667, nachdem er schon vorher, am 14. October 1666, einige besonders helle Stellen auf der glänzenden Planetenkugel wahrgenommen zu haben glaubte.

Weitere Beobachtungen, die bis zum 6. Juni fortgesetzt werden konnten, führten zu dem Resultate, dass Venus sich um ihre Axe drehe und Jacob Cassini leitete aus den Beobachtungen seines Vaters eine Umdrehungsperiode von $23^h\ 15^m$ ab.

Die vorstehend genannten Beobachtungen wurden sämmtlich in Rom gemacht; als Cassini später nach Paris berufen worden, gelang es daselbst nicht mehr, selbst unter Anwendung der grossen Fernrohre, welche

Digitized by Google

die königliche Munificenz Ludwig's dem italienischen Astronomen zur Disposition stellte, Flecke auf der Venusscheibe zu unterscheiden.

Sechzig Jahre später, im Sommer 1726, untersuchte Bianchini unter dem klaren Himmel Italiens aufs Neue den Planeten und bemerkte eine Anzahl von Flecken, deren Lage er feststellte und darnach selbst eine Zeichnung der Venusoberfläche entwarf. Aus ihrer langsamen Bewegung glaubte er schliessen zu dürfen, dass der Planet sich in 24 Tagen 8 Stunden einmal um seine Axe drehe.

Die ungemeine Verschiedenheit in den Resultaten beider Beobachter hat zu lebhaften Discussionen Veranlassung gegeben, um so mehr, als es fast 120 Jahre hindurch nicht mehr gelingen wollte, Flecke auf der Venus wahrzunehmen. Herschel sah zwar nach vieljährigen vergeblichen Bemühungen, zwischen dem 19. Juni und 3. Juli 1780, Spuren von sehr matten Flecken, aus deren Beobachtung ihm wahrscheinlich ward, dass der Planet eine bedeutend schnellere als die Bianchini'sche Umdrehung besitze, allein zu einem bestimmten Rotationsresultate konnte er nicht gelangen.

Herschel war sehr geneigt anzunehmen, dass die matten, von ihm gesehenen Flecke, nicht der festen Oberfläche des Planeten angehörten, sondern unseren Wolken vergleichbare Theile seiner Atmosphäre seien.

Neben ihm wandte besonders Schröter seine Aufmerksamkeit der Venus zu. Wie bei Merkur, so fand er auch hier und noch in weit auffallenderem Grade, dass die Sichel der mondartig erscheinenden Venus nicht genau die regelmässige Gestalt besitzt, welche sie haben müsste, wenn der Planet eine vollkommene Kugel wäre. Die unregelmässige Gestalt der Hörner machte es vielmehr wahrscheinlich, dass die Oberfläche des Planeten gebirgig ist.

Schon Lahire hatte übrigens im August 1700 die Ungleichheiten der Sichelgestalt wahrgenommen, aber erst Schröter widmete der Erscheinung andauernde Beachtung. Aus den Gestaltänderungen der Hörnerspitzen leitete er eine Umdrehungsperiode von $23^{h}\ 21^{m}\ 19^{s}$ ab, sehr nahe mit Cassini's Resultat übereinstimmend. Auch beobachtete derselbe Astronom am 28. December 1789, am 31. Januar 1790 und am 27. Februar 1793, in der Nähe des südlichen Horns einen isolirten, hellen Punkt, der von der leuchtenden Sichel durch einen schmalen, dunklen Zwischenraum deutlich getrennt erschien. Diese Wahrnehmungen wurden durch verschiedene, auf Schröter's Observatorium anwesende Personen bestätigt. Der Beobachter zog mit Recht den Schluss, dass jene isolirten Punkte die Spitzen von hohen Gebirgen seien, welche aus der Nachtseite bis in die Lichtgrenze ragten, und berechnete, dass die Höhe jener Bergerhebungen 114000 Fuss betragen müsse.

Nach Herschel's Vorgange hat man, besonders in neuerer Zeit, diese Beobachtungen in geringschätzender Weise ignorirt. Aber, wenn auch zugestanden werden muss, dass eine Höhenbestimmung von Venusgebirgen (ebenso wie beim Merkur) sehr misslich bleibt, indem der wahrscheinliche

Digitized by Google

Fehler solcher Berechnungen nahe eben so gross wie das Resultat sein wird, so ist es doch jedenfalls voreilig, die Beobachtungen isolirter Punkte an der Lichtgrenze der Venus, die noch dazu durch verschiedene Vergrösserungen und verschiedene Beobachter constatirt wurden, deshalb zu verwerfen, weil sie seitdem von Niemand wiederholt wurden.

Nach Schröter haben besonders Beer und Mädler den Planeten im Jahre 1836, als er eine ausgezeichnet günstige Stellung für die nördliche Erdhälfte einnahm, fleissig beobachtet. Sie fanden den Glanz der Scheibe gegen die Lichtgrenze hin matt abfallend, wie auch schon früher Schröter bemerkt hatte. Die Gestalt der Hörner erschien ihnen ebenfalls unregelmässig und schnell veränderlich; auch glaubten sie mehrmals die nämliche Gestalt nach Ablauf von 23 bis 24 Stunden wiederkehren zu sehen. Flecke zu unterscheiden gelang ihnen nicht, nur ein einziges Mal, am 7. April, meinten sie einen matten Anflug wahrzunehmen, doch ohne Gewissheit darüber erlangen zu können. Auch Lamont's Bemühungen, der mit dem grössten damals existirenden Refractor um dieselbe Zeit den Planeten eifrig beobachtete, blieben ohne den allergeringsten Erfolg bezüglich der Wahrnehmung von Flecken. Erst de Vico, abermals unter der so ausnehmend heitern römischen Atmosphäre, erkannte in den Jahren 1840 bis 1842 mit dem Cauchoix'schen Instrumente deutliche Flecke, die ihm eine Umdrehungszeit von $23^h\ 21^m\ 21{,}93^s$ ergaben, nur 3^s von Schröter's Resultat abweichend. Um die Mitte des Jahres 1868 haben Browning, With und Huggins an verschiedenen Abenden in der Nähe der beiden Hörner der sichelförmigen Venus helle Flecke wahrgenommen; ausserdem sah der erstgenannte Beobachter am 15. März, als Venus zu 0,7 erleuchtet war, auch eine Vielzahl dunkler Contouren, die mit helleren Flecken besetzt waren. Die Venusflecke sind besser bei Tage wahrzunehmen als bei Nacht.

Als die Beobachter Beer und Mädler die Breite des leuchtenden Theiles der Venussichel maassen, und die so erhaltenen Resultate mit denjenigen verglichen, welche unter der Voraussetzung, dass der Planet eine vollkommene Kugel sei, durch Berechnung gefunden wurden, ergab sich, dass der erleuchtete Theil der Venus weniger breit erschien, als er der Rechnung nach sein musste. Die Beobachter geben davon folgende Erklärung.

„Betrachtet man den ab- oder zunehmenden Mond, besonders am Tage, mit freiem Auge, so erscheint uns die Breite der Sichel senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Hörner, ebenfalls verkleinert, und man glaubt noch eine hohle Einbiegung der Lichtlinie zu sehen, wenn der Mond wirklich schon in einem der beiden Viertel steht, die Lichtgrenze also nothwendig eine gerade Linie bildet. Die grossen schwarzdunklen Schatten der hohen Mondgebirge nahe der Lichtgrenze, bewirken einen Gesammteindruck, der dem des dunklen Himmelsgrundes ganz nahe steht und nur im Fernglase von ihm unterschieden werden kann. Nun wird Venus durch eine bei ihr noch anwendbare Vergrösserung etwa in das-

Digitized by Google

selbe optische Verhältniss zu uns gesetzt, wie der Mond zum freien Auge; ist ihre Oberfläche also von Gebirgen durchzogen, so wird sich das Phänomen so gestalten müssen, wie es beobachtet wird. Wären die Gebirge aber von einer Höhe von 3 bis 4 Meilen, so müsste die Lichtgrenze gleichsam ausgezackt erscheinen, wie die des Mondes dem freien Auge. Auf der Erde bedeckt der Schatten eines 24000 Fuss hohen Berges, wenn er in eine meeresgleiche Ebene fällt und bis an die Lichtgrenze reicht, einen Bogen von 2° 50′ des Aequators und wird unter einem Winkel von 0,594″ gesehen, wenn der Halbmesser des Planeten 12″ gross erscheint, wie es beiläufig in den Quadraturen der Venus der Fall ist, und bei einem Berge, dessen Höhe $\frac{4000l}{n}$ beträgt, wird die obige Grösse des Schattens nahe $\frac{0{,}594''}{\sqrt{n}}$. Um daher eine Verminderung der Breite des sichtbaren Theils, wie sie oben gefunden worden, zu erklären, würde nichts uns nöthigen, der Venus höhere Gebirge zu ertheilen, als der Erde.“

Den Beobachtungen von Beer und Mädler entgegen, haben früher Herschel und Schröter bisweilen den erleuchteten Theil der Venus grösser gesehen, als er der Rechnung nach sein musste.

Schröter sah am 12. August 1790 einen schwachen Lichtsaum 8 Bogensecunden oder 15 Grad am Rande der Venus sich über die nördliche und südliche Hornspitze hinauserstrecken. Wenn nun auch die Sonne in Folge ihres grössern Durchmessers mehr als eine Halbkugel des Planeten erhellt, und demnach der äussere Rand der leuchtenden Sichel grösser als ein halber Kreisbogen oder 180 Grad sein muss, so beträgt doch diese Vergrösserung für die nördliche und südliche Sichelspitze höchstens nur je 1 Grad, so dass der helle Gesammtumfang 182 Grad ausmacht, während Schröter denselben auf 210 Grad ausgedehnt erblickte. Allerdings erschien der jenseits der eigentlichen Hornspitzen längs des Randes sich erstreckende Schein ungemein schwach, aber gerade dadurch wurde Schröter auf die Ursache desselben geführt, die er, mit vielem Rechte, in einer Refraction und Reflection des Sonnenlichtes in der Venusatmosphäre findet. Jene in mattem Zwielichte erscheinende Zone der Venuskugel, umschliesst demnach diejenigen Regionen des Planeten, für welche die Sonne eben auf- oder untergeht, es ist mit anderen Worten die Dämmerungszone. Aus ihrer Winkelbreite glaubte Schröter ferner schliessen zu dürfen, dass die Constitution der Venusatmosphäre, wenigstens in optischer Beziehung, nahe mit derjenigen unserer Erde übereinstimmt. Indem Herschel das schwache Licht längs des Venusrandes ebenfalls der Atmosphäre dieses Planeten zuschreibt, wird es ihm wahrscheinlich, dass dieselbe aus Stoffen besteht, welche stark das Licht brechen und reflectiren. In diesem Falle, äussert der berühmte Astronom, muss nämlich die Helligkeit am Rande der Scheibe scheinbar bedeutend zunehmen, weil hier die Gesichtslinie von uns, die Atmosphäre der Venus schief in ihrer grössten Breite trifft. Secchi hat den Dämmerungsbogen am 8. Mai 1857 deut-

Digitized by Google

lich erkannt; er erstreckte sich beiderseits $19^1/_2$ Grad über die Hörnerspitzen hinaus, also weiter noch wie früher Schröter fand. Der römische Beobachter schliesst sich den Herschel'schen Ansichten über die Constitution der Venusatmosphäre im Ganzen an.

Die scharfsinnigen und interessanten Speculationen der beiden berühmten Beobachter zu Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts, findet man heutzutage nur selten und beiläufig in astronomischen Schriften erwähnt. Doch ist es gerade jetzt an der Zeit, von Neuem und eindringlich darauf aufmerksam zu machen, indem heute dem beobachtenden Astronomen Instrumente zur Messung der Lichtintensität der Himmelskörper und ihrer einzelnen Oberflächentheile zu Gebote stehen, deren Benutzung uns überraschende Aufschlüsse über die optischen Verhältnisse in den Dunstkreisen der Planeten verschaffen kann, auf welche man ohnedies hätte verzichten müssen.

Nicht mit dem im Vorhergehenden besprochenen schwachen Dämmerungsphänom ist die nur selten wahrnehmbare Erscheinung eines phosphorartigen Schimmers der ganzen dunklen Venusscheibe zu verwechseln. Auf dieses räthselhafte Phänom hatte schon Derham in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts (1739) aufmerksam gemacht. Wenn Venus sichelförmig erscheint, sagte er, so lässt sich bisweilen der dunkle Theil ihrer Kugel in blassem, röthlichem Lichte wahrnehmen. Genauer und früher noch wurde die Erscheinung beschrieben von Ch. Kirch, der sie zwei Mal wahrgenommen. „Am Sonnabend den 7. Juni 1721," sagt dieser Astronom, „fand ich Venus in einer Gegend, wo der Himmel nicht sehr klar war. Der Planet war schmal, sein Durchmesser 65″ und es schien mir sehr, als ob ich seinen dunkeln Theil sähe, wiewohl mir dies sehr unglaublich vorkommt. Die helle Sichel zitterte in den Dünsten."

„Freitags, am 8. März 1726, observirten wir Venus mittelst des 26-füssigen Tubus. Ich erkannte die dunkle Seite und zwar schien mir der Rand derselben einem kleinern Kreise anzugehören als der helle Rand, ähnlich wie dies auch beim Monde der Fall zu sein pflegt. Die Herren Harper und Möller bestätigten die Wahrnehmung. Ich hatte die gewöhnliche Bedeckung vor dem Tubus, jedoch keine enge Oeffnung, wie man sonst bei Beobachtung der Venus anwendet. An der Licht- und Schattengrenze erschien Venus dunkler als am äussern hellen Rande und gleichsam fleckicht."

Eine fernere Beobachtung dieser Art rührt von Andreas Mayer in Greifswalde her. Am 20. October 1759, $12^h\ 45^m$ Mittags, stand der Planet im Meridian von Greifswalde $14°\ 35'$ über dem südlichen Horizonte. Ausser der schmalen, intensiv leuchtenden Sichel war der ganze übrige Theil der Scheibe sichtbar.

Hahn zu Remplin bemerkte das gleiche Phänom im Jahre 1796. Aus seinem Briefe an Bode geht hervor, dass er bisweilen die ganze dunkle, von einem feinen Lichtkreise am Rande umgebene Planetenscheibe erkannte, bisweilen auch nur einen mehr oder weniger breiten Theil, so

Digitized by Google

dass die Venus eine ovale Figur anzunehmen schien. Die Farbe des secundären Lichtes schien dem Beobachter bräunlichgrau zu sein.

Harding in Göttingen bemerkte, als er am 24. Januar 1806 um $7^h\,10^m$ Abends den Planeten mit einem zehnfüssigen Spiegelteleskope und 84facher Vergrösserung betrachtete, ebenfalls die ganze von der Sonne nicht erleuchtete Kugel in matt aschgraulichem Lichte schimmern. Am 3., 16. und 21. Februar vermochte er nichts von dieser Erscheinung zu sehen, dagegen war sie am 28. um $6^h\,12^m$ während der Dämmerung ausgezeichnet deutlich sichtbar und ebenso am 1. März. Die Farbe des Lichtschimmers schien röthlichgrün zu sein.

Um dieselbe Zeit, nämlich am 14. Februar 7^h Abends, bei gährender Luft und 10 Grad Elevation des Planeten über dem Horizonte, sah Schröter mit dem 27füssigen Reflector, die ganze nicht von der Sonne erleuchtete Kugel in äusserst mattem, dunkelm Lichte schimmern. Nachdem einige Tage dunstiger Himmel gewesen, beobachtete Schröter aufs Neue am 23., 24. und 28. Februar bei günstiger Luft, ohne jedoch während des Mondlichtes und der Dämmerung, in welche der Planet schon gerückt war, etwas von dem schwachen Schimmer entdecken zu können.

Erst neunzehn Jahre später ward die Erscheinung abermals wahrgenommen, nämlich am 8. Juni 1825 4^h Morgens von Gruithuisen in München.

Am 20. April 1865 endlich sah Dr. Engelmann in Leipzig in dem 10füssigen Steinheil'schen Refractor ebenfalls das secundäre Licht des Planeten; es erschien in etwas hellerm, graugrünlicherm Tone als der Himmelsgrund.

Ich habe die Beobachtungen des secundären Lichtes der Venus hier alle ausführlich mitgetheilt, weil das Phänom seiner Natur nach noch immer unerklärt geblieben ist.

Olbers und Herschel glaubten nach dem Vorgange Harding's, die Erscheinung entstehe durch eine eigenthümliche Phosphorescenz in der Atmosphäre oder an der Oberfläche des Planeten. Harding sagt: „Wenn wir den dunkeln, von der Sonne abgewandten Theil der Mondscheibe wahrnehmen, so zweifelt Niemand daran, dass diese Erscheinung von reflectirtem Lichte der Erde herrühre. Allein sollte die Erde auch wohl der Venus so viel Licht zusenden können, dass dadurch ihre ganze Nachtseite aus einer so ansehnlichen Ferne noch sichtbar werden könnte? Es ist wahr, das Licht, welches Venus unserer Erde zuschickt, ist lebhaft genug, um selbst Schatten sichtbar zu machen, und zwar zu einer Zeit, wo die von der Sonne erleuchtete Halbkugel der Venus nur etwa zu $^1/_8$ sichtbar ist, wie es am 24. Januar 1806 der Fall war. Die Erde, damals zu $^7/_8$ ihrer erleuchteten Scheibe von der Venus aus sichtbar, musste diesem Planeten, ungeachtet das Sonnenlicht bei uns nur halb so stark ist, dennoch heller erscheinen, als er uns, wenn anders die dichtere Erdatmosphäre hierin keine Aenderung machen sollte. Allein müsste nicht, wenn reflectirtes Erdlicht die Sichtbarkeit der dunkeln Venuskugel be-

Digitized by Google

wirkte, die Erscheinung eben so oft vorkommen, als dieser Planet in eine ähnliche Lage gegen Erde und Sonne kommt? Hiervon sagen uns aber auch die fleissigsten Beobachter der Venus nichts; denn was einst Graf von Hahn wahrnahm, scheint nicht ganz mit meinen Wahrnehmungen übereinzukommen. Ich bin daher geneigt, dieses dämmernde Licht in der Nachtseite der Venus für die Wirkung einer Phosphorescenz zu halten, bei welcher dieser Planet aus seinem Körper so viel Licht zu entwickeln die Fähigkeit habe, dass dadurch seine in Nacht liegende Halbkugel selbst aus einer so ansehnlichen Ferne noch sichtbar werden könne. Ist die Erscheinung die Wirkung einer Phosphorescenz, so ist dazu eine gewisse Disposition der Atmosphäre oder der Oberfläche des Planeten erforderlich, um sie hervorzubringen; und diese könnte ihm durch die Zusammenkunft mancher Umstände selbst mehrere Jahre lang mangeln, dann aber, in einer andern Periode, wieder eine Zeit lang auf ihm vorhanden sein, so wie bei uns das Nordlicht gleichfalls an gewisse Perioden gebunden zu sein scheint, mit welchem Lichte die Phosphorescenz der Venus vielleicht grosse Aehnlichkeit haben mag." Sehen wir einen Augenblick zu, wie sich die Harding'sche Erklärung mit den optischen Gesetzen, die dabei zur Anwendung kommen, vereinigen lässt.

Nimmt man nicht an, dass gerade sämmtliche Theile der Venusatmosphäre jenes Licht erzeugen, was jedenfalls unwahrscheinlich ist, sondern dass der phosphorische Schein vielmehr in den tieferen Theilen oder an der Planetenoberfläche selbst entsteht, so muss die Helligkeit gegen die Ränder der Scheibe hin für unsern Anblick abnehmen, indem wir schief gegen jene Theile der Oberfläche blicken und der Lichtstrahl, der von dort in das Auge des Beobachters gelangt, einen sehr viel grössern Weg durch die Venusatmosphäre zu laufen hat und folglich eine grössere Extinction erleidet, als ein vom Mittelpunkte der Scheibe ausgehender Strahl. Wäre dagegen keine Venusatmosphäre vorhanden, so würde der Rand der Planetenscheibe eben so hell wie der Mittelpunkt erscheinen, weil der Visionsradius in dem nämlichen Verhältnisse mehr materielle Punkte umfasst, als das schief emanirende Licht geschwächt erscheint. Wird aber ein von einer Atmosphäre umhüllter Planet von aussen erleuchtet, so muss, wenn jene Dunsthülle nicht das Licht wie eine dichte Nebelschicht absorbirt, der Rand der Planetenscheibe um ein Gewisses heller als der Mittelpunkt erscheinen. Dies findet nun bei dem secundären Lichte der Venus in der That statt, indem die Beobachter des Phänoms den Rand der Planetenscheibe sich scharf vom Himmelsgrunde abheben sahen, und Hahn, der einige Male nur einen Theil der Scheibe erblickte, ausdrücklich erklärt, in anderen Fällen den Rand bestimmt heller als die Mitte der Scheibe gesehen zu haben. Es ergiebt sich sonach, bloss auf optische Beobachtungen gestützt, der Schluss, dass jenes eigenthümliche Licht in der Venus' Nachtseite wahrscheinlich nicht einer Phosphorescenz des Planeten zuzuschreiben ist, sondern vielmehr, dass es der Reflex einer Beleuchtung durch einen andern Weltkörper ist.

Digitized by Google

Aber wo ist dieser Weltkörper zu suchen? Ist es der Merkur? oder die Erde? oder schliesslich ein Venusmond? Wir werden diese Fragen der Reihe nach in Erwägung zu ziehen haben.

Die Vermuthung, welche Arago zulässig findet, dass das secundäre Licht der Venus durch den Planeten Merkur hervorgerufen werden möge, wird durch eine einzige Bemerkung zur Seite geschoben. Die mittlere Entfernung der Venus von der Sonne ist fast doppelt so gross wie jene Merkurs. Nun erscheint das secundäre Licht auf dem der Erde zugewandten Mittelpunkte der Venusscheibe; es kann daher nicht von dem Merkur herrühren, weil dieser Planet, dessen Bahn nicht 4 Grad gegen die Venusbahn geneigt ist, niemals in eine Stellung gelangt, in welcher er die uns zugewandte Scheibe der Venus so erleuchten könnte, wie dies in der That wahrgenommen worden ist.

Die Frage, ob vielleicht der phosphorische Schein der Venus von auf diesen Planeten fallendem und reflectirtem Erdlichte herrühre, ist schon früher von den ersten Beobachtern aufgeworfen worden. Nach kurzer Ueberlegung gelangen sie indess sämmtlich zu dem Schlusse, dass hieran nicht gedacht werden könne. Schon Hahn bemerkt in seinem Briefe an Bode: „Ich bin überzeugt, dass Sie mich nicht so verstehen, als wenn ich das matte Licht entweder einer Erleuchtung durch die Sonne oder einem reflectirten Erdenlichte beimessen könnte;“ und Schröter sagt: „Es ist immer möglich, dass die Erde etwas Licht auf die Nachtseite der Venus reflectire, unterdessen gestehe ich, dass mir solches allein für die Sichtbarkeit der dunkeln Venuskugel keineswegs hinzureichen scheint.“

Eine genauere Untersuchung hierüber hat 1859 J. Rheinauer gegeben. Er kommt zu dem Resultate, dass die besonders durch die Erde hervorgerufene Beleuchtung der dunkeln Venushemisphäre in der Nähe der untern Conjunction der Art ist, dass ihr Reflex der Helligkeit eines Sternes 13. Grösse gleich sei, vielleicht noch stärker, wenn man gewisse, aus der scheinbaren Bewegung des Planeten entspringende, die Sichtbarkeit begünstigende Umstände mit in Anschlag bringt. Man muss indess doch gestehen, dass die so berechnete Helligkeit, selbst wenn man sie bis zu derjenigen eines Sternes 10. Grösse heraufrücken wollte, nicht genügend wäre, alle Umstände des Phänoms zu erklären. In der That ist die Erscheinung in der Dämmerung und selbst um Mittag wahrgenommen worden, und zwar in mittelmässigen Fernrohren. Nun zeigt aber selbst der Dorpater Refractor nur ausnahmsweise bei Tage einen Stern 9. Grösse und das Kopenhagener Aequatoreal unter den besten Umständen Sterne 12. Grösse nur in 8 Minuten Distanz vom Mars, der ungleich geringer glänzt, als die intensiv leuchtende Venussichel. Man muss daher schliessen, dass das Licht eines Sternes 10. Grösse, wenn es über die ganze dunkle Venusscheibe vertheilt wäre, selbst in den besten Fernrohren nicht mehr wahrgenommen würde, viel weniger also in Derham's, Mayer's und Harding's Instrumenten. Unter der Annahme hingegen, dass das phosphorische Licht der Venus der Schein ist, den ein diesen Planet umkreisender

Digitized by Google

Mond (von derselben Grösse, Reflexionsfähigkeit und gleichem Abstande wie unser Mond) erzeugt, finde ich unter Zugrundelegung von Zöllner's photometrischen Messungen, dass das phosphorische Licht der Venus, die Gesammthelligkeit eines Sternes 1. Grösse besitzt. Bei solcher Intensität ist es freilich möglich, dasselbe auch in schwächeren Fernrohren wahrzunehmen. So leicht aber auch unter dieser Annahme die Erklärung des secundären Lichtes der Venus erscheint, so problematisch bleibt die Existenz des supponirten Mondes, wie wir weiter unten sehen werden. Wenn aber die Gesammthelligkeit jenes Lichtes gewiss einem Sterne 1. Grösse vergleichbar ist, so muss es doch, wie schon oben bemerkt, neben der starkglänzenden Venussichel merklich schwächer erscheinen. Es ist sehr zu bedauern, dass die Beobachter des Phänoms nicht daran gedacht haben, die Planetensichel im Focus des Fernrohres zu verdecken. Untersucht man in einem Refractor die Venus und steigert die Vergrösserung nach und nach, so erscheint die Sichel nicht ganz wie bei den sonnenfernen Planeten in dem Maasse an Helligkeit abzunehmen, als die Vergrösserung wächst, sondern bis zu einer gewissen Grenze bleibt der Glanz der Sichel ziemlich gleich intensiv. Es ist dies eine Folge der starken Beleuchtung und Reflexionsfähigkeit des Planeten. Für die dunkle Seite findet dies aber, wegen der schwachen Beleuchtung, nicht mehr statt. Diese muss vielmehr immer in dem Maasse lichtschwächer werden, als die Vergrösserung steigt. Betrachten wir nun die Wirkung eines grossen Fernrohres mit starker Vergrösserung, bezüglich der Venus, so finden wir, dass es bei zunehmender Vergrösserung den Glanz der leuchtenden Sichel merklich weniger vermindert, als die Helligkeit der dunkeln Seite, eine Verminderung, die bei letzterer in Folge des Contrastes noch um so bedeutender wird. Gebraucht man bei Anwendung eines grossen Refractors die Vorsicht, die leuchtende Venussichel zu verdecken, so erscheint es sehr wahrscheinlich, dass man das secundäre Licht weit häufiger als bisher wahrnehmen wird. Ich habe selbst hierüber Versuche angestellt und bei 190^{m} Vergrösserung um die Zeit des grössten Glanzes des Planeten verschiedene Male Nichts bemerkt und nur ein Mal einen schwachen Anflug, von dem ich nicht entscheiden mag, ob es Täuschung war oder nicht. Diese ersten negativen Resultate sprechen indess noch keineswegs gegen die Zulässigkeit der eben gezogenen Schlüsse.

Es wurde bereits der problematischen Existenz des Venusmondes gedacht, über den sich Humboldt im Kosmos zu dem Ausspruche berechtigt glaubte, er gehöre zu den astronomischen Mythen einer unkritischen Zeit. Der Erste, der einen solchen Venusmond beobachtet haben will, war Fontana, 1645; ihm folgte Dominicus Cassini am 25. Januar 1672, und eine ähnliche Beobachtung machte er am 28. August 1686. Am 23. October 1640 sah Short, als er mit einem 15füssigen Spiegelteleskope Venus beobachtete, ein Sternchen in ihrer Nähe, das bei 140. und 240facher Vergrösserung eine deutliche Sichelgestalt wie der Planet zeigte. Short beobachtete diesen Mond eine volle Stunde lang unter Anwendung

Digitized by Google

verschiedener Vergrösserungen und Teleskope. Er gebrauchte die Vorsicht, den vollkommen guten Zustand seiner Instrumente dadurch zu bekunden, dass er angab, an jenem Tage zwei dunkle Flecke auf der Venusscheibe deutlich erkannt zu haben. Montaigne zu Limoges (zwischen dem 3. und 11. Mai 1761), Rödkier (am 3. und 4. März 1764) und Horrebow (am 10. und 11. März 1764) zu Kopenhagen, sowie Montbarron (am 15., 28. und 29. März 1764) zu Auxerre, haben ebenfalls einen Mond in der Nähe der Venus gesehen und sich nach ihrer Angabe selbst auf verschiedene Weise davon überzeugt, dass ihre Wahrnehmungen nicht auf einer Täuschung beruhten. Lambert berechnete nach diesen Beobachtungen die Bahn des fraglichen Satelliten und fand, dass sein Abstand von der Venus nahe ebenso gross wie derjenige unseres Mondes und auch seine Grösse nur um ein Geringes von derjenigen des Erdtrabanten verschieden sei, dagegen würde seine Bewegung in einer Ebene stattfinden, die gegen die Ekliptik um 63° geneigt ist.

Es ist allerdings eigenthümlich, dass man den fraglichen Mond seit einem ganzen Jahrhundert nicht wiedergesehen hat; aber die neuerdings in Deutschland üblich gewordene Abfertigung der obengenannten Beobachtungen als „Seitenabspiegelungen in den noch unvollkommen construirten Ferngläsern" wäre nur dann einigermaassen zu rechtfertigen, wenn jene Wahrnehmungen bloss von Dillettanten, nicht von Astronomen und zum Theil von dem ersten Optiker seiner Zeit (Short) herrührten. Die häufige Wahrnehmung um 1764 herum weist zudem auf etwas Periodisches hin, über das noch gegenwärtig keine Hypothesen aufzustellen sind. —

Die spectroskopische Untersuchung des Lichtes der Venus hat die dunkeln Linien gezeigt, die auch im Sonnenspectrum sich vorfinden; ausserdem findet Secchi aus seinen neuesten Beobachtungen, besonders in der sogenannten Brewster'schen Region δ, schwache Linien, die er dem Wasserdampfe und dem Einflusse der Venusatmosphäre zuschreibt; ferner deutet dem italienischen Gelehrten die verstärkte Stickstofflinie nahe bei F auf eine grosse Analogie der Atmosphäre der Venus mit jener der Erde.

Es verbleibt noch, der Vorübergänge der Venus vor der Sonnenscheibe zu gedenken, die freilich seltener für diesen Planeten als für den Merkur eintreten. Die regelmässige Aufeinanderfolge der ekliptischen Venus-Conjunctionen ist in eine grosse Periode von 423 Jahren eingeschlossen, die vier kleinere Perioden enthält, deren Dauer $105^1/_2$, 8, $121^1/_2$ und abermals 8 Jahre beträgt. Der letzte Vorübergang fand statt 1769 am 3. Juni, und es werden in den nächsten 500 Jahren noch folgende Durchgänge eintreten:

1874	am 8. December	2125	am 8. December
1882	„ 6. „	2247	„ 11. Juni
2004	„ 7. Juni	2255	„ 8. „
2012	„ 5. „	2360	„ 12. December
2117	„ 10. December	2368	„ 10. „

Digitized by Google

Die Wichtigkeit der Venusdurchgänge für die Bestimmung der Sonnenparallaxe beruht bekanntlich darauf, dass wegen der bedeutenden Nähe des Planeten, seine Parallaxe und der Unterschied derselben mit der Sonnenparallaxe selbst, unter allen für uns am grössten erscheint und gleichzeitig, weil Venus als kleiner, schwarzer, scharfbegrenzter Kreis von mässiger Bewegung auf der Sonnenscheibe erscheint, die Sehne, die sie beschreibt, sehr scharf bestimmt werden kann. In der That leuchteten diese Vortheile auch sofort ein, als Halley 1691 die ganze Methode zum ersten Male in Vorschlag brachte. Der nächste Durchgang, am 5. Juni 1761, lieferte nur ein Resultat zwischen 8″ und 9″. Desto vortheilhafter für die Ermittlung der Parallaxe zeigte sich der letzte Durchgang am 3. Juni 1769. Fast alle gebildeten Nationen Europas sandten Beobachter an die am vortheilhaftesten gelegenen Orte der Erde, und man darf behaupten, dass kein damals lebender Astronom, ja kaum ein Gebildeter, der von der Wichtigkeit des eben statthabenden Vorganges wusste, nicht wenigstens den Blick aufwärts wandte, da Venus als schwarzer Punkt die Sonnenscheibe durchlief. Pingré und Hornsby fanden als Resultat der von ihnen benutzten Beobachtungen, eine Horizontalparallaxe der Sonne von 8,8″, Planmann fand 8,4″ und zwischen diesen beiden Werthen schwanken die übrigen Resultate. Das später von Encke berechnete mittlere Resultat ist oben mitgetheilt worden, ebenso wie die Thatsache, dass Alles darauf hindeutet, dass die wahre Sonnenparallaxe noch einige Zehntel Secunde grösser ist, als man bisher annahm. Unter diesen Umständen erwartet die ganze astronomische Welt mit Spannung die nächsten beiden Venusdurchgänge 1874 und 1882, besonders den letztern. Es ist gegründete Hoffnung vorhanden, dass diesmal die Sonnenparallaxe, so weit es von den vervollkommneten Beobachtungsmitteln abhängt, definitiv bis auf Hundertstel der Bogensecunde festgestellt werden wird, besonders wenn man von der vervollkommneten Photographie Gebrauch machen und die elektrischen Registrirapparate zur genauen Fixirung der Momente der Berührung der Planetenscheibe mit dem Sonnenrande anwenden wird.

Hind hat folgende Elemente der beiden nächsten Venuspassagen abgeleitet:

	Durchgang 1874 December 8.
Conjunction in Rectascension	$16^h\ 59^m$ 13,2ˢ
Rectascension von Sonne und Venus..	$255^0\ 52'$ 51,6ˢ
Declination der Sonne	$-22\ 49$ 22,4
„ „ Venus	$-22\ 35$ 7,7
Stundenbewegung der Venus in $A\ R$.	— 93,95
„ „ „ „ D...	+ 47,73
„ „ Sonne „ $A\ R$.	+ 164,71
„ „ „ „ D...	— 14,80
Halbmesser der Venus	31,41
„ „ Sonne (nach Leverrier)	16 14,98
Horizontalparallaxe der Venus	32,44
„ „ Sonne (nach Encke)	8,71

Digitized by Google

Durchgang 1882 December 6.

Conjunction in Rectascension	4^h	20^m 13,6^s
Rectascension von Sonne und Venus. .	253°	10′ 47,6^s
Declination der Sonne	— 22	33 6,6
„ „ Venus	— 22	44 12,6
Stundenbewegung der Venus in $A\ R$.		— 93,13
„ „ „ „ D . . .		+ 49,30
„ „ Sonne „ $A\ R$.		+ 163,93
„ „ „ „ D . . .		— 17,56
Halbmesser der Venus		31,40
„ „ Sonne (nach Leverrier)		16 14,64
Horizontalparallaxe der Venus		32,43
„ „ Sonne (nach Encke)		8,71

Aus diesen Elementen folgt für den Mittelpunkt der Erde:

Durchgang von 1874.

Eintritt	äussere Berührung	13^h	46^m 56^s	in 130,6° v. N. gegen W.
	innere Berührung	14	15 57	
Austritt	innere Berührung	17	57 5	
	äussere Berührung	18	26 5	in 160° v. N. gegen O.

Durchgang von 1882.

Eintritt	äussere Berührung	1^h	55^m 38^s	in 34,7° v. N. gegen W.
	innere Berührung	2	15 56	
Austritt	innere Berührung	7	52 57	
	äussere Berührung	8	12 47	in 66,1° v. N. gegen O.

Digitized by Google

Die Erde.

Der Planet, den wir bewohnen, ist unter den zwischen der Sonne und der Zone der Asteroiden kreisenden Wandelsternen der grösste in Volum und Masse und zugleich der einzige, nach unseren dermaligen Kenntnissen, der von einem Monde begleitet wird. Erst jenseits der äussersten Grenze jener Zone, in den Gebieten der grossen, wenig dichten und schnell rotirenden Planeten, treffen wir wieder Mondsysteme an.

Wir betrachten hier die Erde von vorzugsweise astronomischem Standpunkte aus, beschäftigen uns also mit ihrer Bahn, Gestalt, Grösse, mittleren Dichtigkeit und Masse, sowie mit ihrer lichtbrechenden und so wechselvoll diaphanen Gashülle. Der Astronom ist wenig um die horizontale und verticale Configuration der Oberfläche unseres Weltkörpers bekümmert, deren vergleichende Betrachtung dem Gebiete der Geographie anheimfällt. Nur wo die secundäre Attraction einzelner Massen sich in der Verrückung des Zeniths, der Abweichung der Lothlinie, bemerklich macht, wendet er diesen seine Aufmerksamkeit zu.

Die wahre siderische Umlaufszeit der Erde um die Sonne beträgt $365^d\ 6^h\ 9^m\ 10{,}7496^s$. Sie ist keinen säcularen Aenderungen unterworfen. Das tropische Jahr, die Zeit, welche die Sonne gebraucht um wieder zu dem nämlichen Aequinoctialpunkte zurückzukehren, ist in Folge der retrograden Bewegung der Aequinoctien, welche (1800) $50{,}''2419t + 0{,}0001122t^2$ beträgt, kürzer als das siderische Jahr und zwar gegenwärtig um $20^m\ 23{,}21^s$. Doch ist seine Länge Schwankungen unterworfen wegen der Säculargleichung der Aequinoctien. Es nimmt gegenwärtig jährlich um $0{,}00595^s$ ab und seine mittlere Länge beträgt $365^d\ 5^h\ 48^m\ 45^s$. Diese mittlere Länge stimmt mit der wahren überein im Jahre 2270 unserer Zeitrechnung.

Ueber die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne wurde schon im Vorhergehenden bei verschiedenen Gelegenheiten das Nöthige erwähnt, so dass hier nur wenig nachzuholen bleibt, und zwar betreff der Ermittlung des Erdabstandes aus Messungen der Lichtgeschwindigkeit in geringen irdischen Distanzen.

Nachdem schon Picard eine jährliche Bewegung des Polarsternes bemerkt hatte, und eine solche auch, wie in neuerer Zeit Peters in Altona gezeigt, Flamsteed's Beobachtungen deutlich ergaben, ohne dass dieser Astronom selbst darauf zurückkam, zeigte zuerst Bradley, auf Declinationsbeobachtungen gestützt, im Herbste 1727, dass alle Fixsterne jährliche Verrückungen zeigen, der Art, dass die im Pole der Ekliptik stehenden einen Kreis von etwa 40″ Durchmesser, die zwischen diesem

Digitized by Google

Punkte und der Ebene der Erdbahn befindlichen hingegen, Ellipsen von um so grösserer Abplattung beschreiben, je geringer ihre Breite ist, während Sterne in der Ekliptik selbst, alljährlich nur eine gerade Linie von der angegebenen Länge beschreiben. Aus Rectascensionsbeobachtungen wies Eustach. Manfredi dieselbe Erscheinung 1731 nach. Bradley erklärte das Phänom dadurch, dass der von einem Sterne ausgehende Lichtstrahl nicht die ruhende, sondern die bewegte Erde trifft und daher aus der Richtung herzukommen scheint, die sich aus der Zusammensetzung seiner wahren Bewegung und derjenigen der Erde ergibt. Aus Bradley's eigenen Beobachtungen folgt nach der Untersuchung von Busch die halbe grosse Axe der Aberrations-Ellipse oder die Constante der Aberration gleich 20,2116″; Lindenau fand 20,4486″, Delambre 20,255″, Peters erhielt aus Rectascensionsbeobachtungen 20,4255″ und 20,503″, Lundahl aus Declinationsbeobachtungen des Polarsternes 20,5508″, und Struve endlich aus anderthalbjährigen Beobachtungen von Zenithalsternen 20,4451″, ein Resultat, das den meisten Beifall gefunden, obgleich man ihm nicht mit Unrecht den Einwurf gemacht hat, es sei nicht frei von dem Einflusse der Verzögerung, den das Licht beim Durchgange durch das Objectiv des Fernrohres erleidet. Hansen und Olufsen ziehen mit Recht das Delambre'sche Resultat vor.

Weil die Aberration eine Function der Lichtgeschwindigkeit und der Bewegung der Erde ist, so folgt, dass diese letztere sich bei gegebener Aberrationsconstante und ebenfalls gegebener Lichtgeschwindigkeit ohne Mühe ableiten lässt.

Nachdem schon Galilei und die Mitglieder der Akademie del Cimento fruchtlose Versuche gemacht hatten, die Schnelligkeit der Lichtfortpflanzung aus Beobachtungen in kleinen Distanzen zu bestimmen, bestellte Arago im Jahre 1848 bei Breguet einen Apparat nach dem Vorbilde des Wheatstone'schen (bei welchem, 1824, ein Drehspiegel zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität angewandt wurde), um die Lichtgeschwindigkeit bei geringen Abständen zu messen. Ein Augenleiden hinderte ihn, selbst die Ausführung der Beobachtungen zu übernehmen, welche auf diese Weise Fizeau zufiel. Dieser Physiker erhielt in den ersten Versuchen, bei denen das Licht auf dem Hin- und Rückwege 17266 Meter durchlief, eine Geschwindigkeit von 42576 geographischen Meilen in der Secunde. Sehr viel zuverlässigere Resultate hat neuerdings Foucault mit Hülfe eines ähnlichen, aber weit vorzüglicheren Apparates erhalten. Er gelangte zu Mittelwerthen, die bis auf $\frac{1}{500}$ übereinstimmen. Das Endresultat war eine Lichtgeschwindigkeit von 298 Millionen Meter oder 40159 geographischen Meilen. Berechnet man daraus die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, so erhält man hierfür unter Annahme der Struve'schen Aberrationsconstanten: 19,970,000, bei Annahme der Delambre'schen hingegen 19,825,000 geographische Meilen, und dieser letztere Werth kommt wahrscheinlich von beiden der Wirklichkeit am nächsten.

Digitized by Google

Die Excentricität der Erdbahn beträgt (1800) 0,01679207 mit einer Abnahme von $(0{,}0000004135 + 0{,}0000000000123t)t$, sie wird bis zum Jahre 20000 abnehmen, wo sie ihren kleinsten Werth 0,00275 erreicht, von da ab aber wieder wachsen.

Die Ebene der Erdbahn neigt sich gegen jene des Aequators, oder die Schiefe der Ekliptik beträgt (1800): $23^0\ 27'\ 54{,}8''$ mit einer jährlichen Abnahme von $0''{,}47244t - 0''{,}0000014t^2$. Doch ist diese Abnahme keineswegs der Zeit proportional fortschreitend, vielmehr schwankt sie in ihrem mittleren Werthe innerhalb ziemlich beschränkter, aber gegenwärtig noch nicht genau numerisch festgestellter Grenzen. Nach Lagrange's früheren Rechnungen sind diese Grenzen $22^0\ 54'$ und $25^0\ 21'$. Lehmann findet als mittlere Schiefe der Ekliptik für die nächsten 30000 Jahre $23^0\ 17'\ 16{,}08''$ mit Schwankungen, die kaum 1^0 betragen.

Die Länge des Periheliums der Erdbahn beträgt (1800): $99^0\ 30'\ 21{,}77''$ mit einer tropischen Zunahme von $(61{,}674'' + 0''{,}0001850t)t$. Der Sonnennähepunkt fällt gegenwärtig auf den 2. Januar und rückt in 57,5 Jahren um einen Tag vorwärts, so dass nach etwa 10400 Jahren sich die Erde zur Sommerszeit in der Sonnennähe befinden wird. Doch werden die hierdurch entstehenden Temperaturänderungen der Jahreszeiten nur ungemein gering sein.

Der tägliche Umschwung der Erde um ihre Axe bildet die Einheit aller Zeitbestimmungen. Der Sonnentag, die Zeit, welche zwischen zwei gleichen Culminationen der Sonne verfliesst, ist wegen der Ellipticität der Erdbahn und der Schiefe der Ekliptik nicht gleichförmig. Wenn die Länge des mittleren Sonnentages $24^h\ 0^m\ 0^s$ beträgt, so hat der wahre Sonnentag gegen Ende December ein Maximum von $24^h\ 0^m\ 30^s$, gegen Mitte September ein Minimum von $23^h\ 59^m\ 30^s$. Der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit ist die Zeitgleichung, deren Grösse dem beobachtenden Astronomen für jeden gegebenen Augenblick bekannt sein muss. Tycho war der Erste, der den von der Schiefe der Ekliptik herrührenden Theil der Zeitgleichung bei seinen Beobachtungen praktisch berücksichtigte, obgleich schon der grosse Beobachter Hipparch ebenfalls darauf aufmerksam geworden war. Kepler war der Erste, der den durch die elliptische Form der Erdbahn entstehenden Theil 1627 in den Rudolphinischen Tafeln in Anwendung brachte. Doch lieferte erst 45 Jahre später Flamsteed in seiner Abhandlung „über die Ungleichförmigkeit der Sonnentage" exacte Methoden zur Berechnung der Zeitgleichung für jeden gegebenen Augenblick.

Die wahre Umdrehungsperiode der Erde, der Sternentag, beträgt in mittlerer Sonnenzeit gemessen $23^h\ 56^m\ 4{,}091^s$.

Laplace war der Erste, der aus der Bewegung des Mondes den Schluss zog, dass die wahre Länge des Sternentages sich innerhalb der letzten 2000 Jahre nicht um $0{,}01^s$ verlangsamt habe. Allein dieser lange Zeit hindurch als unumstösslich bewiesen betrachtete Schluss ist unrichtig, weil sich Laplace eines ungenauen Werthes für die säculare Accele-

Digitized by Google

ration der mittlern Mondbewegung bediente. Schon fast ein halbes Jahrhundert vor dem französischen Geometer, im Jahre 1754, behauptete Kant in einer kleinen Schrift (die als Beantwortung einer Preisfrage von der Berliner Akademie der Wissenschaften: ob die Axenlage der Erde im Laufe der Zeiten eine Aenderung erlitten habe, erschienen war), die Umdrehung der Erde verlangsame sich allmählich. Freilich konnten die Beweisgründe, welche Kant für seine Ansicht vorbrachte, neben denjenigen, die Laplace (ohne von den Behauptungen des deutschen Philosophen zu wissen) dagegen aufstellte, nicht in Betracht kommen; aber es bleibt immer sonderbar, dass der unsterbliche Verfasser der Mécanique céleste, der so mancherlei tellurische Kräfte nach ihrem möglichen Einflusse auf eine Aenderung der Rotationsdauer der Erde prüfte, gerade denjenigen Umstand ausser Acht liess, der die Umdrehungsdauer verlangsamen kann und in der That verlangsamt. Es ist das grosse Verdienst von J. B. Mayer (1838 in seinen Beiträgen zur Dynamik des Himmels), zuerst darauf hingewiesen zu haben, in welcher Weise durch die stets östlich vom Meridian des Mondes gelegene Fluthwelle eine allmähliche Veränderung der Rotationsgeschwindigkeit der Erde eintreten müsse. Tyndall sagt in seinem Werke über die Wärme: „Stellen wir uns den Mond fest vor, während die Erde von West nach Ost um ihre Axe rotirt. Ein Berg westlich von dem im Meridiane befindlichen Monde wird in Folge der Anziehung des letztern eine Beschleunigung der Rotation verursachen; hat er den Meridian aber passirt, so bewirkt er aus den nämlichen Gründen eine Verlangsamung von derselben Ordnung. Ein immerfort östlich vom Meridiane des Mondes bleibender Berg, wird in Folge der Mondeinwirkung die Erdrotation zu verlangsamen streben. Die Meeresfluth ist als ein solcher stets östlich vom Meridiane des Mondes bleibender Berg zu betrachten; durch Einwirkung des Mondes auf dieselbe muss also die Umdrehung der Erde sich mit der Zeit verlangsamen.“ Auch D. Vaughan hat schon 1857 auf die Unzulässigkeit des Laplace'schen Beweises von der Unveränderlichkeit der Erdrotation aufmerksam gemacht, indem er darauf hinwies, dass es ein Widerspruch gegen den Satz von der Erhaltung der Kraft sei, wenn die Bewegung der Ebbe und Fluth nicht einen Einfluss auf die Verlängerung der Tagesdauer besässe.

Es ist hier nicht der Ort, auf die verschiedenen Werthe für die säculare Acceleration der mittleren Mondbewegung näher einzugehen, welche seit Dunthorne (der aus der Vergleichung älterer und neuerer Beobachtungen 10,0112″ fand) bis auf Hansen, Plana, Delaunay und Adams gefunden worden sind; es genügt hier, zu bemerken, dass nach den Untersuchungen des letztgenannten Astronomen, die Zunahme der mittleren Tagesdauer in den letzten 2000 Jahren 0,01197 Secunde beträgt.

Die Versuche, zur Erkenntniss der Grösse und Gestalt der Erde zu gelangen, sind fast eben so alt wie die Wissenschaft selbst. Der Vor-

Digitized by Google

stellungen der alten Philosophen von der Gestalt des Erdballes braucht indess hier nur vorübergehend gedacht zu werden. Wenn Anaximander unserm Planeten die Form eines Cylinders gab, Thales denselben für eine Scheibe hielt, und Leucippus sogar an eine paukenartige Gestalt dachte: so verdienen solche auf einseitige Speculation gegründete Vermuthungen kaum eine historische Erwähnung neben den richtigeren, durch Beobachtung unterstützten Ansichten eines Eratosthenes. Dieser vollführte gegen 200 v. Chr. den ersten Versuch einer directen Messung des Erdumfanges. Er hatte beobachtet, dass zu Syene die Sonne am Tage des Sommersolstitiums genau im Zenith stand, während sie zu Alexandrien um die nämliche Zeit $7^1/_2{}^0$ vom Scheitelpunkte entfernt blieb. Die Distanz beider Städte zu 5000 Stadien angenommen, folgerte Eratosthenes aus den angegebenen Daten einen Erdumfang von 250,000 Stadien.

Hundert Jahre später unternahm Posidonius eine ähnliche Bestimmung zwischen Rhodus und Alexandrien. Er fand durch Fixsterne den Bogen zwischen beiden Städten $= {}^1/_{48}$ des Kreises und berechnete hieraus unter Annahme einer geradlinigten Distanz beider Orte von 3800 Stadien die Grösse des Erdumfanges zu 182400 Stadien, ein Resultat, welches mit dem frühern Eratosthenes'schen verglichen, am besten die Mangelhaftigkeit des ganzen Unternehmens zeigt.

Diese beiden Versuche sind Alles, was das Alterthum in der genannten Beziehung geleistet hat. Erst im neunten Jahrhundert nach Chr. finden wir einen neuen Versuch, diesmal von den Arabern unternommen, zwischen Tadmor und Racca.

Der Kalif Al-Mamum liess durch Chalibden Abdolmalik und Ali-ben-Isa in der Richtung von Nord nach Süden einen Bogen von 2 Graden mit Stäben sorgfältig abmessen. Man fand die Länge eines Grades ziemlich übereinstimmend gleich 225300 arabische Ellen à 27 Zoll à 6 Gerstenkörner.

Der Franzose Fernel maass im Jahre 1525 die Länge des Bogens zwischen Paris und Amiens durch die Anzahl der Umdrehungen seiner Wagenräder und fand als Länge eines Grades 57070 Toisen. Die geringe Genauigkeit der auf diese Weise zu erlangenden Resultate leuchtet ein; 110 Jahre später zeigt sich aber schon ein Fortschritt bei der Messung, die Norwood zwischen London und York ausführte. Dieser maass die Entfernung beider Städte mittels der Messkette und bestimmte ebenfalls ihre geographischen Breiten mit vieler Sorgfalt. Als Länge eines Grades fand er 57424 Toisen. Allein es wäre schwer gewesen, auf diesem Wege die ganze wünschenswerthe Genauigkeit zu erlangen, wenn nicht das bisherige Messungsprincip verlassen und durch die von Snellius eingeführte Methode der Triangulation wäre ersetzt worden, deren grosse Vorzüge schon bald Picard durch seine 1669 zwischen Malvoisine und Amiens ausgeführte Gradmessung, allen Einwürfen gegenüber, unwiderleglich zeigte. Er fand die Länge eines Grades zu 57060 Toisen, ein Resultat, das der Wahrheit nahe kommt, aber hauptsächlich dadurch, dass es den

Digitized by Google

Newton'schen Arbeiten über die Gravitation als Grundlage diente, für alle kommenden Zeiten merkwürdig bleibt. Snellius selbst fand aus einem Bogen von 1° 11′ 30″, nach Musschenbroek, die Länge eines Breitegrades zu 57033 Toisen.

Newton schloss, der Erste, aus seinen Untersuchungen, dass die Erde an den Polen abgeplattet sei, ein Schluss, der sich nachmals bewährt hat.

Zur Prüfung der Newton'schen Behauptung begannen durch Colbert's Vermittlung 1683 Cassini und de la Hire eine Gradmessung, die, durch verschiedene Umstände verzögert, erst 1718 beendet wurde. Sie erstreckte sich in einer Ausdehnung von mehr als 8 Graden mitten durch Frankreich und das Resultat war: Länge eines Grades im Süden zwischen 42° 37′ 13″ und 48° 50′ 11″ nördl. Br. = 57097 Toisen, im Norden zwischen 48° 50′ 11″ und 51° 2′ 8″ nördl. Br. 56960, ein Ergebniss, das mit Newton's Behauptung in directem Widerspruche stand. Denn es folgte daraus, dass die Erde nach Norden zu mehr gekrümmt sei als in den Aequatoreal-Gegenden, also eine eiförmige oder elliptische Gestalt besitzen müsse. Der langwierige Streit, der sich zwischen Englands und Frankreichs Gelehrten entspann, führte zu dem Plane einer neuen, grossartigen Meridianvermessung, die gleichzeitig in Lappland und am Aequator ausgeführt werden sollte. Also gingen Bouguer, La Condamine, Godin und der Spanier Ulloa 1735 nach Peru und maassen auf den öden Hochebenen der Cordilleren zwischen Tarqui und Cotechesqui einen Bogen von 3° 7′. Camus, Clairaut, Lemonier, Maupertuis und Outhier aber gingen im folgenden Jahre nach Tornea, dort ebenfalls einen Grad des Meridians zu messen.

Das Resultat der Arbeiten beider Expeditionen nach den damaligen Berechnungen war:

Länge eines Grades unter dem Aequator: 56753 Toisen
„ „ „ „ „ Polarkreise: 57437 „

Die Abplattung der Erde war hierdurch ausser Zweifel gestellt.

Durch jene beiden Expeditionen hauptsächlich angeregt, begannen von jetzt ab auch Gradmessungen in vielen anderen Staaten.

Es kann hier natürlich nicht beabsichtigt werden, eine detaillirte Schilderung der langen Reihe einzelner Breitegrad-Messungen zu geben; es muss statt dessen genügen, auf die Resultate derselben zu verweisen, wie sie, nach Professor Rogg's Zusammenstellung, die folgende Tafel enthält. Es bezeichnen dort in der Colonne A: a, b die Polhöhen des Anfangs- und Endpunktes, c, d die Bogenlänge und Polhöhe der Mitte; ferner in Colonne B: a′, b′ die wahre, gemessene und die aus Bessel's Sphäroid folgende Bogenlänge in Toisen, c′ die Differenz dieser beiden Werthe und d′ die Differenz pro Breitengrad; l ist die lineare Länge des mittlern Grades.

Digitized by Google

Tafel der Breitengrad-Messungen.

α) Aeltere Messungen.

Benennung	Polhöhe der Mitte	Bogenlänge	Länge des mittlern Grades	Beobachter
Cap d. gut. Hoffnung	33° 18′ 30″ s.	1° 13′ 17″,5	57037 Toisen	Lacaille
Pennsylvanien . . .	39 12 0 n.	1 28 45,0	56888 „	Mason u. Dixon
Rom	42 59 0 n.	2 9 47,0	56964 „	Boscowich
Frankreich	46 52 2 n.	8 20 0,0	57059 „	Cassini
Dänemark	55 32 15 n.	1 10 15,0	57155 „	Th. Bugge
Lappland	66 19 37 n.	0 57 49,3	57422 „	Maupertuis

β) Neuere Messungen.

Endpunkte:	A	B	Bemerkungen.
Cotchesqui	a 0° 2′ 31″,4 n.	a′ 176875,5 Toisen	Peruanische Messung:
Tarqui	b 3 4 32,0 s.	b′ 176855,5 „	Bouguer, La Condamine,
—	c 3 7 3,4	c′ + 20,0 „	Godin, Ulloa
1 = 56728,5 Toisen	d 1 31 0,3	d′ + 6,4 „	(1735 bis 1744).
Kaliana	a 29 30 48,5 n.	a′ 1212866,6 Toisen	Gr. Ostindische Messung:
Punnae	b 8 9 31,2	b′ 1212766,8 „	Lambton u. Everest
—	c 21 21 17,3	c′ + 99,8 „	(1802 bis 1843).
1 = 56795,9 Toisen	d 18 50 9,9	d′ + 4,7 „	
Cap d. gut. Hoffnung	a 34 21 6,3 s.	a′ 262467,6 Toisen	Messung am Cap:
—	b 29 44 17,7	b′ 262451,6 „	Maclear
1 = 56891,2 Toisen	c 4 36 48,6	c′ + 16,0 „	(1842 bis 1852).
	d 32 2 42,0	d′ + 3,5 „	
Dünkirchen	a 51 2 8,8 n.	a′ 705257,2 Toisen	Französische Messung:
Formentera	b 38 39 56,1	b′ 705237,6 „	Mechain, Delambre,
—	c 12 22 12,7	c′ + 19,6 „	Biot, Arago
1 = 57012,7 Toisen	d 44 51 2,5	d′ + 1,6 „	(1792 bis 1806).
Altona	a 53 32 45,2 n.	a′ 115163,7 Toisen	Hannoversche Messung:
Göttingen	b 51 31 47,8	b′ 115084,4 „	Gauss
—	c 2 0 57,4	c′ + 79,3 „	(1821 bis 1824).
1 = 57126,4 Toisen	d 52 32 16,5	d′ + 39,3 „	
Lyssabbel	a 54 54 10,3 n.	a′ 87436,5 Toisen	Holsteinsche Messung:
Lauenburg	b 53 22 17,0	b′ 87450,7 „	Schumacher
—	c 1 31 53,3	c′ — 14,2 „	(1820 bis 1823).
1 = 57093,1 Toisen	d 54 8 13,7	d′ — 9,3 „	

Digitized by Google

Tafel der Breitengrad-Messungen.

(Fortsetzung.)

Endpunkte	A	B	Bemerkungen
Memel	a 55° 43′ 40″,4 n.	a′ 86177,0 Toisen	Preussische Messung: Bessel, Baeyer (1831 — 1834).
Trunz	b 54 13 11,4	b′ 86124,9 „	
—	c 1 30 29,0	c′ + 52,1 „	
l = 57144,3 Toisen	d 54 58 25,9	d′ + 34,5 „	
Saxavord	a 60 49 38,6 n.	a′ 624622,6 Toisen	Englisch-schottische Messung: Mudge, Kater, James (1802 — 1854).
St. Agnes	b 49 53 33,9	b′ 624514,1 „	
—	c 10 56 4,7	c′ + 108,5 „	
l = 57123,3 Toisen	d 55 21 36,3	d′ + 9,9 „	
Fuglenaes	a 70 40 11,3 n.	a′ 1447786,8 Toisen	Russisch-scandinavische Messung: Struve, Tenner, Solander Hansteen, Berger (1816 — 1851).
Staronekrasow . . .	b 45 20 2,8	b′ 1447536,5 „	
—	c 25 20 8,5	c′ + 250,3 „	
l = 57144,2 Toisen	d 58 0 7,1	d′ + 9,9 „	
Pahtawara	a 67 8 49,8 n.	a′ 92778,0 Toisen	Neue schwedische Messung: Swanberg, Ovferboom (1801 — 1803).
Malörn	b 65 31 30,2	b′ 92796,4 „	
—	c 1 37 19,6	c′ — 18,4 „	
l = 57195,9 Toisen	d 66 20 10,0	d′ — 11,3 „	

Messungen von Längengraden sind bis heran weniger häufig und mit geringerm Glücke ausgeführt worden; hauptsächlich, weil die von den Astronomen angewandten Mittel, geographische Breitenunterschiede zu bestimmen, weit zuverlässiger sind, als die Methoden zur Ermittlung von Längendifferenzen.

Aus diesem Grunde sei auch der ältesten Arbeit dieser Art, welche Jacob Cassini zwischen Brest und Strassburg ausgeführt, nur in historischem Interesse gedacht. Wichtiger sind die späteren Arbeiten von Caraboeuf und Brousseaud. Diese Längengradmessung erstreckt sich von Marennes bei Bordeaux bis Fiume und umfasst einen Bogen von 15° 32′ 26,77″, dessen Gesammtlänge 621165 Toisen beträgt. Hieraus ergibt sich als Länge eines Parallelgrades unter der mittlern Breite von 44° 16′ 48″, ein Werth von 39970 Toisen, der freilich mit dem Bessel'schen Erdsphäroid nicht sonderlich harmonirt.

Die Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Orte, worauf es bei Parallelgradmessungen hauptsächlich ankommt, wird gewonnen: entweder durch Beobachtung von Sternbedeckungen, oder durch Zeitübertragung

Digitized by Google

mit Hülfe von Chronometern. Auch durch irdische Signale, Anzünden kleiner Pulvermengen, versuchte man früher die Längenunterschiede festzustellen, ohne indess hinreichende Genauigkeit erlangen zu können. Erst der elektrische Telegraph hat Mittel an die Hand gegeben, solche zu erlangen. Schon 1857 stützte Struve hierauf den Plan einer Längengradmessung quer durch ganz Europa, vom Ural bis zur Westküste Irlands. Baeyer arbeitete gleichzeitig an dem Zustandekommen einer neuen Breitengradmessung, welche von Palermo bis zum nördlichen Scandinavien ganz Europa senkrecht zur Richtung der Struve'schen Längengradmessung durchschneiden soll. Das ganze grosse Unternehmen der Gradmessung, ist gegenwärtig im besten Fortgange begriffen. Als Zwischenstationen für die Längengradbestimmung wurden gewählt: Orsk, Orenburg, Szamara, Szaratow, Lipetzk, Orel, Babrnisk, Grodno, Warschau, Breslau, Leipzig, Bonn, Ostende, Greenwich, Valencia. Um aus den Längenunterschieden die geringen Unsicherheiten in den Positionen der Vergleichsterne, sowie die persönlichen Fehler zu eliminiren, ist die Einrichtung getroffen, dass (unter Zuhülfenahme einer Zwischenstation) derselbe Beobachter an den verschiedenen Punkten mit demselben Instrumente dieselben Sterne beobachtet. Die Breitengradmessung schreitet in den einzelnen Ländern Europas nach den Berichten des General Baeyer ebenfalls erfreulich vorwärts und man darf sich in nicht zu ferner Zukunft von den soeben erwähnten Unternehmungen wichtige Resultate versprechen.

Bis jetzt beruhen unsere Kenntnisse der Erddimensionen zum Theil noch auf den ausgezeichneten Untersuchungen Bessel's, nach den Resultaten der bis 1840 vorliegenden und als zuverlässig anerkannten 10 Gradmessungen, welche zusammen einen Bogen von 50° 34′ umfassen.

Die Dimensionen des Bessel'schen Erdsphäroids, sind in Einheiten der Toise du Pérou bei 13° R.:

Radius des Aequators	3272077,1399
„ „ Poles	3261139,3284
Abplattung	$\frac{1}{299,152818}$

Eine neue Berechnung der Erddimensionen unter Voraussetzung eines dreiaxigen Ellipsoids, gestützt auf den französischen, englischen, indischen, russischen, afrikanischen und peruanischen Bogen, gab Clarke folgende Resultate:

Halbe grosse	Axe a des Aequators	(15° 34′ O. L.):	3272537,3 Toisen
„ kleine	„ b „ „	(105° 34′ O. L.):	3271540,1 „
„ polare	„ c		3261133,8 „

Abplattung $\frac{a-c}{c} : \frac{1}{285,97}$.

Die nachstehende Tafel, welche die wahre Länge der Breiten- und Längengrade, sowie den Radiusvector für jede Polhöhe enthält, bezieht

Digitized by Google

sich auf das Bessel'sche Erdsphäroid. Die verbesserte Breite ist die **wahre** geocentrische Polhöhe, zum Unterschiede von der scheinbaren oder elliptischen, wie sie die Beobachtung unmittelbar ergiebt:

Breite	Länge des Meridiangrades in Toisen			Länge des Parallelgrades in Toisen			Radius-vector	Verbesserte Breite					
		△	△ △		△	△ △					△		△ △
+ −													
0°	56727,384	+ 4,314	+ 8,628	57108,520	— 215,874	—431,748	1,000000	0°	0′	0″	4°	58′	0,5″	0,0″
5	56731,698	12,811	8,497	56892,646	646,074	430,200	0,999975	4	58	0,5	4	58	4,0	3,5
10	56744,509	20,931	8,120	56246,572	1071,642	425,568	0,999899	9	56	4,5	4	58	11,2	7,2
15	56765,440	28,428	7,497	55174,930	1489,514	417,872	0,999778	14	54	15,7	4	58	21,6	10,4
20	56793,868	35,080	6,652	53685,416	1896,642	407,128	0,999612	19	52	37,3	4	58	34,8	13,2
25	56828,948	40,686	5,606	51788,774	2290,030	393,388	0,999407	24	51	12,1	4	58	50,8	16,0
30	56869,634	45,074	4,388	49498,744	2667,463	376,713	0,999170	29	50	2,9	4	59	8,8	18,0
35	56914,708	48,105	3,031	44832,091	3023,891	357,148	0,998907	34	49	11,7	4	59	28,5	19,7
40	56962,813	49,685	1,580	43808,110	3358,740	334,849	0,998626	39	48	40,2	4	59	49,3	20,8
45	57012,498	49,759	+ 0,074	40449,372	3668,624	309,884	0,998336	44	48	29,5	5	0	10,0	20,7
50	57062,257	48,319	— 1,440	36780,748	3951,049	282,425	0,998045	49	48	39,5	5	0	30,8	20,8
55	57110,576	45,397	2,922	32829,699	4203,701	252,652	0,997763	54	49	10,3	5	0	50,6	19,8
60	57155,973	41,085	4,312	28625,998	4424,465	220,764	0,997499	59	50	0,9	5	1	8,9	18,3
65	57197,058	35,504	5,581	24201,533	4611,457	186,992	0,997259	64	51	9,8	5	1	25,1	16,2
70	57232,562	28,827	6,677	19590,076	4763,066	151,609	0,997052	69	52	34,9	5	1	38,8	13,5
75	57261,389	21,256	7,571	14827,010	4877,967	114,901	0,996884	74	54	13,7	5	1	49,3	10,5
80	57282,645	13,025	8,231	9949,043	4955,142	77,176	0,996759	79	56	3,0	5	1	56,7	7,4
85	57295,668	+ 4,388	8,637	4993,901	— 4993,901	38,759	0,996683	84	57	59,7	5	2	0,3	3,6
90	57300,056		— 8,776	0000,000		— 0,000	0,996657	90	0	0,0				0,0

Digitized by Google

Die Oberfläche des Bessel'schen Erdsphäroids beträgt 9261238 Quadratmeilen, der Rauminhalt 2650184445 Cubikmeilen und der Durchmesser einer Kugel, die mit dem Erdsphäroid gleiche Oberfläche und gleichen Inhalt hat: 1716,96 Meilen à 3807,235 Toisen.

Da von der Gestalt der Erde die Grösse ihrer anziehenden Kraft für alle Punkte der Oberfläche abhängt, so ist klar, dass man aus der Intensität der Schwerkraft, die durch die Länge des einfachen Secundenpendels gegeben ist, auf die Form der Erde schliessen kann.

Die erste Vermuthung über die mit der Breite veränderliche Schwere, welche durch das Pendel nachgewiesen werden könne, findet sich bei Picard in der 1671 erschienenen Mesure de la Terre. Der berühmte Geodät bemerkte, dass nach einigen in London, Lyon und Bologna angestellten Beobachtungen, die Länge des Secundenpendels verkürzt werden müsse je näher man dem Aequator komme, doch könne er etwas Gewisses hierüber noch nicht sagen, da er von der Genauigkeit der Messungen nicht genug überzeugt sei, weil im Haag die Pendellänge ebenso gross wie in Paris gefunden worden sei. Im October des nämlichen Jahres, in welchem Picard's Werk erschien, verliess Richer Paris, um seine Reise nach Cayenne anzutreten. Es ist kaum einem Zweifel unterworfen, dass beide Astronomen die angebliche Verschiedenheit der Pendellänge je nach der geographischen Breite, erörterten, und so hat Picard jedenfalls einen bedeutenden Einfluss auf Richer's wichtige Beobachtungen gehabt, obgleich er sich niemals einen Antheil hieran zugeschrieben hat. Richer kehrte schon 1773 nach Europa zurück, aber seine Resultate über die Länge des Secundenpendels, wurden erst 1779 veröffentlicht, zu einer Zeit, als die Abplattung der Erde bei Newton schon eine feststehende Thatsache war.

Sowohl Richer's Bestimmungen, als die unmittelbar folgenden von Varin und die späteren von Bouguer, Legentil, Lacaille, Maupertuis, La Croyere, Campbell, Darquier, Liesganig, Mallet u. A., haben übrigens keineswegs jene grosse Genauigkeit, welche nachher Borda und vor Allen Bessel ihren Beobachtungen zu geben wussten. Jene bieten daher nur ein vorwiegend historisches Interesse und die Untersuchungen über die Gestalt der Erde nach Pendelbeobachtungen, können sich nur auf die neueren Arbeiten dieser Art stützen. Diese beginnen mit den Bestimmungen gelegentlich der französischen Gradmessung und wurden später von Biot bis zur Insel Unst ausgedehnt. Ihre Berechnung ergab aus dem Bogen zwischen Formentera und Dünkirchen, nach Mathieu eine mittlere Abplattung von $\frac{1}{308.2}$, zwischen Formentera und Unst, nach Biot $\frac{1}{304}$. Diesen Arbeiten folgten die Pendelversuche des Kapitain Kater gelegentlich der trigonometrischen Aufnahmen in Grossbritannien. Die Anomalien, die sich hierbei ergaben, führten zu der glänzenden Expedition Sabine's (1822 bis 1823), auf welcher an 13 Punkten zwischen Bahia (12° 59′ 21″ südl. Br.) und Spitzbergen (79° 49′ 58″ nördl. Br.) die Pendellängen mit musterhafter Sorgfalt bestimmt wurden. Das Resultat war nach Sabine's Rechnung eine Abplattung von $\frac{1}{288.8}$ und unter Hinzu-

Digitized by Google

ziehung der Pendelbeobachtungen bei den französischen und englischen Vermessungen $\frac{1}{288.5}$. Dieses Resultat kommt dem Verhältniss der Centrifugalkraft zur Schwere unter dem Aequator so nahe, dass man dieses, d. h. eine Abplattung von $\frac{1}{289}$ als die wahrscheinlichste ansehen darf, um so mehr, als sich auch die Ergebnisse der neuesten Triangulationen diesem Werthe auffallend nähern. Ich habe unter dieser Voraussetzung die nachstehende Tafel der relativen Erddimensionen berechnet.

Breite ±	Meridian-Grad	Δ	Parallel-Grad	Δ	Radius-vector	Δ	Verbesserte Breite	Δ
							0° 0′ 0″	
0	0,017332		0,017453		1,000000			
		1		10		4		
2	0,017333		0,017443		0,999996		1°59′ 10,30″	0,24
		0		22		9		
4	0,017333		0,017411	32	0,999983	13	1 59 10,54	
		1		21		8		0,48
6	0,017334		0,017358	53	0,999962	21	1 59 11,02	
		2		21		8		0,70
8	0,017336		0,017284	74	0,999933	29	1 59 11,72	
		2		20		8		0,97
10	0,017338		0,017190	94	0,999896	37	1 59 12,69	
		2		22		7		1,16
12	0,017340		0,017074	116	0,999852	44	1 59 13,85	
		3		20		7		1,41
14	0,017343		0,016938	136	0,999799	53	1 59 15,26	
		3		20		7		1,61
16	0,017346		0,016782	156	0,999739	60	1 59 16,87	
		4		20		7		1,82
18	0,017350		0,016606	176	0,999672	67	1 59 18,69	
		4		22		7		2,03
20	0,017354		0,016408	198	0,999598	74	1 59 20,72	
		4		20		6		2,24
22	0,017358		0,016190	218	0,999518	80	1 59 22,93	
		4		18		6		2,41
24	0,017362		0,015954	236	0,999432	86	1 59 25,34	
		5		20		6		2,55
26	0,017367		0,015698	256	0,999340	92	1 59 27,89	
		5		20		6		2,72
28	0,017372		0,015422	276	0,999242	98	1 59 30,61	
		5		18		6		2,87
30	0,017377		0,015128	294	0,999140	102	1 59 33,48	
		6		18		4		3,06
32	0,017383		0,014816	312	0,999034	106	1 59 36,54	
		6		19		4		3,13
34	0,017389		0,014485	331	0,998924	110	1 59 39,59	
		6		17		3		3,20
36	0,017395		0,014137	348	0,998811	113	1 59 42,79	
		6		18		3		3,31
38	0,017401		0,013771	366	0,998696	115	1 59 46,10	
		6		16		2		3,38
40	0,017407		0,013389	382	0,998578	118	1 59 49,48	
		7		17		2		3,41
42	0,017414		0,012990	399	0,998458	120	1 59 52,89	
		6		15		0		3,46
44	0,017420		0,012576	414	0,998338	120	1 59 56,35	
		6		16		0		3,48
46	0,017426		0,012146	430	0,998217	121	1 59 59,83	
		7		15		1		3,48
48	0,017433		0,011701	445	0,998096	121	2 0 3,31	
		6		14		1		3,47
50	0,017439		0,011242	459	0,997977	119	2 0 6,78	
		6		14		1		3,45
52	0,017445		0,010769	473	0,997858	119	2 0 10,23	
		6		14		1		3,37
54	0,017451		0,010282	487	0,997742	116	2 0 13,60	
		6		12		2		3,34
56	0,017457		0,009783	499	0,997628	114	2 0 16,94	
		6		12		3		3,23
58	0,017463		0,009272	511	0,997517	111	2 0 20,17	
		6		12		4		3,17
60	0,017469		0,008749	523	0,997411	106	2 0 23,34	
				10		4		3,02

Digitized by Google

Breite φ	Meridian-Grad	Δ	Parallel-Grad	Δ	Radius-vector	Δ	Verbesserte Breite	Δ
60	0,017469		0,008749		0,997411		59° 49′ 39,79″	
		5		533 10		103 4		2° 0′ 26,36″
62	0,017474		0,008216	9	0,997308		61 50 6,15	2,93
		5		544 9		99 6		2 0 29,29
64	0,017479		0,007672		0,997209		63 50 35,44	2,74
		5		553 8		93 6		2 0 32,03
66	0,017484		0,007119		0,997116		65 51 7,47	
		4		561 9		87 6		2 0 34,67 2,64
68	0,017488		0,006558		0,997029		67 51 42,14	
		4		570 8		81 6		2 0 37,10 2,43
70	0,017492		0,005988		0,996948		69 52 19,24	
		4		578 6		75 7		2 0 39,36 2,26
72	0,017496		0,005410		0,996873		71 52 58,60	
		4		584 6		68 7		2 0 41,44 2,08
74	0,017500		0,004826		0,996805		73 53 40,04	
		3		590 5		61 8		2 0 43,31 1,87
76	0,017503		0,004236		0,996744		75 54 23,35	
		3		595 5		53 7		2 0 44,95 1,64
78	0,017506		0,003641		0,996691		77 55 8,30	
		2		600 4		46 9		2 0 46,39 1,44
80	0,017508		0,003041		0,996645		79 55 54,69	
		2		604 2		37 7		2 0 47,60 1,21
82	0,017510		0,002437		0,996608		81 56 42,29	
		2		606 3		30 9		2 0 48,57 0,97
84	0,017512		0,001831		0,996578		83 57 30,86	
		1		609 2		21 8		2 0 49,30 0,73
86	0,017513		0,001222		0,996557		85 58 20,16	
		0		611 0		13 9		2 0 49 80 0,50
88	0,017513		0 000611		0,996544		87 59 9,96	
		1		611		4		2 0 50,04 0,24
90	0,017514		0,000000		0,996540		89 59 60,00	

Unter Voraussetzung einer Abplattung von $^1/_{289}$, finde ich aus sämmtlichen oben mitgetheilten Gradmessungen als wahrscheinlichsten Werth des aequatorealen Erdradius:

3272766,1 Einheiten der Toise du Pérou bei + 13° R.

Mittels dieses Werthes lassen sich die relativen Dimensionen in der verstehenden Tafel leicht in lineare verwandlen. Die Werthe für die verbesserte Breite in der vorletzten Kolonne, sind durchgängig bis auf ein halbes Zehntel Secunde genau.

Die Gestalt der Erde übt, wie die analytische Mechanik näher zeigt, einen gewissen Einfluss auf die Mondbewegung aus, der sich durch eine Störung in des Mondes Länge und Breite den verfeinerten Beobachtungen bemerkbar macht. Die aus den Mondgleichungen folgende mittlere Abplattung ist von Laplace zuletzt auf $^1/_{229,1}$ festgesetzt worden, ein Werth, der nur wenig von der wahren Abplattung abweicht. Von Lindenau hatte aus 800 Nutationsbeobachtungen das abweichende Resultat $\frac{1}{315,82}$ erhalten.

Neben diesen empirischen Resultaten, mag hier beiläufig an die theoretischen Untersuchungen Newton's erinnert werden, der unter Annahme einer ursprünglich flüssigen, in allen concentrischen Schichten gleich dichten Erde, als Abplattung $\frac{1}{230}$ fand, während der scharfsinnige Huygens, als er alle Anziehung im Mittelpunkte der Erde vereinigt annahm, zu einer Ellipticität von $\frac{1}{578}$ gelangte, genau die Hälfte von derjenigen, die thatsächlich statt hat.

Digitized by Google

Der Plutonismus hat aus der Erdabplattung bekanntlich die Deduction abgeleitet, dass unser ganzer Planet voreinst feurigflüssig war und die sphäroidale Gestalt in Folge der Rotation annahm. Der ursprünglich geschmolzene Zustand der Erde schien aber neuerdings durch die fortgeschrittene chemische Geologie der Art fraglich geworden, dass die Erdabplattung nicht wohl mehr als Beweismoment angesehen werden konnte. Es tauchte unter diesen Verhältnissen sehr natürlich die Frage auf: Wodurch hat denn die Erde ihre sphäroidale Gestalt erhalten, wenn man dieselbe nicht als uranfänglich gelten lassen will? Friedrich Mohr wagte sich im Jahre 1865 mit Scharfsinn und Kühnheit an die Lösung dieses wichtigen und schwierigen Problems. „Wenn die Erde eine Axendrehung hat," sagt dieser gelehrte Chemiker und Geologe, „so muss das Meer als vollkommen beweglich, eine dieser entsprechende abgeplattete Gestalt annehmen. Ueber der Oberfläche beginnt die Verwitterung und höher hinauf die Gletscherbildung; dagegen findet unter der Oberfläche des Meeres keine Verwitterung und Vergletscherung, wohl aber Detritus- und Kalkablagerung statt, die beide vom Festlande kommen. Die Abnagung der Gebirge im Kleinen und im Grossen, beginnt mit ihrer Entblössung und hört erst wieder auf, wenn sie dem Meere gleichgemacht sind. Je höher hinauf ein Gebirge reicht, desto gewaltsamer ist die Abtragung durch Gletschereis, welches nicht nur den Detritus, sondern ganze Gebirgsgipfel hinabführt. Die Granitfindlinge von Holland bis Finnland, lassen vermuthen, wie viel höher die Granite Norwegens sein würden, wenn sie nicht durch Gletscherbildung diese Massen verloren hätten. Da die Gletscherbildung je nach dem Klima immer weiter hinabsteigt und in Grönland, Jan Meyen, Spitzbergen das Meer erreicht, so ist einleuchtend, dass die Wirkung derselben die Erde mit der Gestalt des Meeres in Einklang bringen muss. Wäre die feste Erde eine vollkommene Kugel, so würde doch das Meer, als beweglich, die Abplattung an den Polen annehmen. Das Land an den Polen würde drei Meilen aus dem Wasser hervorragen, und nicht eher Ruhe bekommen, bis Gletscher es rasirt hätten. Das Ende müsste immer die Gestalt des Rotationssphäroids sein, welche der Axendrehung entspricht. Demnach muss die (meerbedeckte) Erde auch ohne feuerflüssig gewesen zu sein, zuletzt in die abgeplattete Form kommen. Die dauernde Wirkung der Atmosphäre vollzieht die Erhaltung der abgeplatteten Form genauer und sicherer, als die einmalige Gestaltung bei der Bildung sie verschaffen konnte." Ganz unlängst hat Gustav Bischof die Frage wieder aufgegriffen. Auch er stimmt mit Mohr vollkommen darin überein, dass die abgeplattete Gestalt der Erde ihre Beweiskraft für die Behauptung eines vormaligen feuerflüssigen Zustandes verloren hat. „Nichts steht der Vermuthung entgegen," sagt der berühmte Verfasser der ‚chemischen Geologie', „dass der Meeresboden, die ehemalige Erdoberfläche, kugelrund war; Huygens' und Newton's Hypothese eines ursprünglich flüssigen Zustandes der Erde, woraus diese grossen Naturforscher die Abplattung in Folge der Rotation zu erklären gesucht haben,

Digitized by Google

und die hierüber geführten Discussionen, ob es ein feurig- oder ein wässerig-flüssiger Zustand war, werden überflüssig.“ Bischof's Untersuchungsmethode gründet sich hauptsächlich auf die gemessenen Meerestiefen unter verschiedenen Breiten. Man hat solchen Messungen freilich nicht mit Unrecht vorgeworfen, dass sie mindestens insofern ungenaue Resultate geben, als durchgängig die Messungsleine nicht genau lothrecht hinabreicht, sondern in Folge submariner Strömungen und der Bewegung des Schiffes, eine gewisse Neigung gegen die Verticale annimmt. Doch hat diese Quelle der Ungenauigkeit auf die nachfolgenden Resultate nur geringen Einfluss, um so mehr, als sie bei sämmtlichen Messungen wohl nicht bedeutend von einer mittleren Grösse abweicht.

Den Radius des Aequators nimmt Bischof nach Bessel zu 859,438 geographischen Meilen an, den Polarradius zu 856,465 Meilen, die Abplattung $\frac{1}{289,1}$. Hiernach berechnet sich leicht die Grösse des Erdhalbmessers für jede gegebene geographische Breite. Bischof hat diejenigen Tiefenmessungen, welche nach seiner Ansicht Zutrauen verdienen, zusammengestellt, ebenso die denselben Punkten entsprechenden Erdhalbmesser. Die nachstehende Tafel enthält die Resultate seiner Berechnungen; r' ist die Länge des Erdhalbmessers an der betreffenden Stelle, m die Meerestiefe, c der Abstand des Meeresbodens vom Erdmittelpunkte. Die Längen sind von Greenwich ab gezählt.

Geogr. Breite	Geogr. Länge	r'	m	c	Beobachter
36° 49′ südl.	37° 6′ westl.	858,367	1,891	856,476	Denham
50 30 nördl.	10 bis	857,655	0,589	857,066	Field und Berryman
50 30 „	50 westl.	857,655	0,595	857,060	—
52 10 südl.	139 16 östl.	857,577	0,355	857,222	
56 nördl.	10 — 50 westl.	857,389	0,499	856,890	
63 47 südl.	149 14 „	857,041	0,419	856,622	
71 23 nördl.	8 44 „	856,760	0,073	856,687	C. Vogt, Berna
77 45 südl.	178 55 östl.	856,597	0,101	856,496	
78 53 nördl.	5 36 „	856,572	0,164	856,408	Scoresby
in der Nähe der vorhergehenden Stelle		856,572	0,147	856,425	

Aus diesen Resultaten ergibt sich, dass die allgemeine Form des Meeresbodens keineswegs diejenige einer um $^1/_{289}$ abgeplatteten Kugel ist. Wäre dies der Fall, so müssten die äussersten Werthe in der Columne c um 1,8 Meilen differiren, was nicht statt hat. Vielmehr würden die vorliegenden Messungen, wenn man mit Rücksicht auf das Zutrauen welches sie verdienen, daraus die Dimensionen des festen Erdkörpers ableitet, auf einen Aequatorealhalbmesser von 857,9 und einen Polar-

Digitized by Google

radius von 856,4 Meilen, also auf eine Abplattung von $\frac{1}{584}$ führen. Und bei dieser Rechnung ist selbst nicht einmal die Denham'sche Messung zugezogen worden, um das einer Abplattung möglichst günstige Resultat zu erlangen. Zieht man aber diese Messung mit hinzu, so resultirt als wahrscheinlichste Gestalt, ein nördlich wie südlich vom Aequator unter etwa 45 Grad der Breite wulstartig angeschwollener Rotationskörper. Hiermit würde auch die durch Ringgold im indischen Ocean gemessene Tiefe von 39700 Pariser Fuss gut harmoniren. Die Messungen sind noch zu wenig zahlreich, um hier mehr als Vermuthungen wagen zu können; nur so viel bleibt sicher, dass eine Abplattung hinsichtlich des Meeresbodens fehlt. Das der Legung des atlantischen Kabels vorausgehende Nivellement des submarinen Bodens zwischen Irland und Neufoundland hat ergeben, dass hier keineswegs, wie man früher vermuthete, steile Abstürze vorhanden sind; in einer Erstreckung von 335 deutschen Meilen sind die Unebenheiten des Seebodens verschwindend gering. Der atlantische Ocean ist mit der weitaus grössten Menge von Detritus angefüllt; aus den Sondirungen, deren Resultate mitgetheilt wurden, lässt sich mit Recht schliessen, dass derselbe ein allenthalben nahe gleichhohes Lager bildet, welches sich in 40° westl. Länge von Greenwich, kaum muldenförmig austieft. Es ist unzweifelhaft, dass die Flüsse und die Brandungen dem Meeresboden Material zu den sedimentären Bildungen der Jetztzeit liefern. Wo viele Flüsse in das Meer einmünden und ausgedehnte Küsten von ihm bespült werden, da werden ihm eine Menge von Suspensionen zugeführt. Bischof macht darauf aufmerksam, dass athmende Seethiere nur in den Tiefen existiren können, bis wohin ihnen noch durch die Strömungen Wasser zugeführt wird, das vor nicht gar langer Zeit mit der atmosphärischen Luft in Berührung war. Da man nun derartige Thiere aus Tiefen von mehr als 10000 Fuss heraufgebracht hat, so ist der Beweis geliefert, dass sich bis an den Grund des Oceans Strömungen verbreiten. Nun ist die Bewegung des Wassers in Flüssen die Ursache der Erosion, sie muss es daher in unvergleichlich bedeutenderm Maasse auch im Meere sein. Wie sehr der Druck die Erosion fördert, zeigen die trüben Flüsse, die aus den Eismassen der Gletscher kommen. Im atlantischen Ocean ist die Gegenwart von Geschieben bewiesen, fast gerade gleichweit entfernt von der europäischen und amerikanischen Küste. Es ist höchst wahrscheinlich, dass sie durch Polarströmungen und Eisberge an ihren gegenwärtigen Ort gebracht wurden. Ob diese Fortführung noch andauert oder ob sie ihr Ende erreicht hat, wird Gegenstand weiterer Forschungen sein müssen. Man kann an den Flüssen studiren, was in den Meerestiefen ungesehen in grossartigstem Maasse vor sich geht: die Bildung von Sandbänken und Untiefen, die Zu- und Abfuhr von Detritus. Wenn sich der Meeresboden, vor allem da, wo entgegengesetzt gerichtete Strömungen auf einander treffen, durch Absatz suspendirter Massen erhöht hat, so nimmt diese Erhöhung so lange zu, bis das submarine Gebirge die Wasseroberfläche erreicht hat. So weit gelangt, kann es zwar an Umfang noch ge-

Digitized by Google

winnen, an Höhe aber nur durch hebende Kräfte, deren Ursache in chemischen Processen zu suchen ist. Während aber durch säculare Hebung sich die Continente bildeten, führen Erosion und Verwitterung dem Meere wieder zu, was aus ihm aufgestiegen ist. Wo aber die gehobene Masse einerseits sich in das Meer hinabzieht, anderseits aber bis zu den höchsten Höhen ansteigt, da weicht ihre Form gänzlich ab von der des sphäroidalen Meeresspiegels. Der Abstand der Spitze des höchsten bekannten Berges vom tiefsten bis jetzt gemessenen Punkte am Meeresboden, beträgt 3,056 geographische Meilen, 0,083 Meilen mehr als die Differenz zwischen dem grössten und kleinsten Halbmesser der Erde. „Jener Abstand," sagt Bischof, „ist das Werk der Erosion des Meeresbodens und der Hebung. Nur diese beiden Kräfte, nicht die Centrifugalkraft, haben daher die Gestalt des festen Erdkernes verändert." Inzwischen lässt sich der Annahme Bischof's der wichtige Einwurf entgegenhalten, dass sie keineswegs die regelmässige Lagerung der tieferen Erdschichten bis zum Mittelpunkt hin, die, wie schon Laplace annahm, unzweifelhaft existirt, erklärt. Wäre die Erde eine runde Kugel mit willkührlicher Massenvertheilung im Innern, so würde sich dies an der Oberfläche durch sehr bedeutende Abweichungen des freihängenden Loths verrathen müssen. Man weiss aber, dass da, wo solche existiren, dieselben so gering sind, dass man, die Erde als Kugel betrachtet, ihre Anziehung wie allein vom Centrum ausgehend ansehen kann. Eine solche Thatsache deutet aber auf einen ursprünglich liquiden Zustand und ist im höchsten Grade unwahrscheinlich, wenn die Erde ein zufälliges Aggregat heterogener Massen wäre, dessen Oberfläche kugelförmig gestaltet ist.

Beiläufig bemerkt, geben Schubert und Airy neben ihrer Polarabplattung der Erde noch eine besondere Abweichung von der Kugelgestalt. Hiernach ist der Aequator keineswegs ein vollkommener Kreis. Wenn man vom Erdcentrum einen Radius zu dem Punkte führt, wo der Aequator die östliche Küste Afrikas schneidet, so ist diese Linie 700 oder 800 Meter länger als der Erdradius vom Mittelpunkte zum Aequator an der Mündung des Amazonenstromes.

Während das Pendel zur Bestimmung der Abplattung des alten Erdballes weit über Meer und Land gegen den Nord- und Südpol hin getragen wurde, um den störenden Einfluss der ungleichen Dichte der Erdschichten, der secundären Anziehungscentra, zu eliminiren, so musste es anderseits dazu dienen, indem man es absichtlich unter dem Einflusse einer nach Grösse und mittlerer Dichte wohl bestimmten Bergerhebung schwingen liess, die mittlere Dichte und das Gewicht des Erdballes selbst zu bestimmen.

Ist die Pendellänge unter der geographischen Breite des Beobachtungsortes im Meeresniveau bekannt, so ergibt die Rechnung dieselbe für die Spitze des Berges, auf der beobachtet wird. Aus dem Unterschiede zwischen Rechnung- und Beobachtung schliesst man auf die Anziehung der Bergmasse und aus dieser auf die mittlere Dichte der Erde selbst.

Digitized by Google

Solche schwierig auszuführenden Beobachtungen sind bis jetzt kaum vereinzelt angestellt worden. Es braucht hier allein an Carlini's Arbeiten auf dem Mont Cenis erinnert zu werden, aus denen nach den letzten Correctionen die mittlere Dichte der Erde zu 4,950 folgt, wenn jene des Wassers gleich 1 gesetzt wird.

Einfacher und schon bald nach Newton's Untersuchungen über diesen Gegenstand (1728), praktisch, wenn auch noch unvollkommen angewandt, sind die Beobachtungen der Ablenkung des ruhenden Pendels von der Verticalen, in Folge der Anziehung einer seitwärts befindlichen Bergmasse. Bouguer bestimmte gelegentlich der peruanischen Gradmessung die Ablenkung, welche das Loth an der südsüdwestlichen und westsüdwestlichen Seite des Chimborasso erleidet. Die Ablenkung ergab sich zu nur 7,5″, doch ist dies Resultat jedenfalls ungenau, wie auch Bouguer selbst zugibt, theils wegen der Mangelhaftigkeit der benutzten Instrumente, theils wegen der Schwierigkeit der Beobachtung an und für sich in jenen wilden Regionen, nahe der Grenze des ewigen Schnee's.

Die genaueren Beobachtungen von Maskelyne und Hutton im Jahre 1774 am Berge Shehallien in Porthshire, zeigten eine Gesammtablenkung des Loths zu beiden Seiten des Berges von 11,7″ Nach Playfair's Untersuchungen folgt hieraus eine mittlere Dichte der Erde von 4,7.

Die unlängst angestellten Beobachtungen der Lothablenkung zu Arthur's Seat, ergeben nach James, eine mittlere Erddichte von 5,136.

Die ganze Methode unterliegt indess mehrfachen Bedenken, von denen hier nur daran erinnert werden möge, dass gar wohl Schichten von ungleicher Dichte unterhalb des Bodens vorhanden sein können, deren Einfluss nicht in Rechnung zu bringen ist.

Von solchen störenden Einwirkungen unabhängig, sind die Versuche mit der von John Mitchell erfundenen Drehwaage, bei welchen die durch künstlich angebrachte grosse Massen hervorgerufenen, horizontalen Pendelschwingungen dazu dienen, das specifische Gewicht der Erde zu bestimmen.

Cavendish fand, der Erste auf diesem Wege, die mittlere Erddichte gleich 5,48 oder nach Baily's Rechnung 5,448. Reich in Freiberg erhielt 1838 dafür 5,440. Die zahlreichen und feinen Versuche Baily's im Jahre 1842, lieferten den nicht unbedeutend grössern Werth 5,660 und Reich's neuere Beobachtungen in den Jahren 1847 bis 1850 geben 5,577.

Die schönen und so umsichtigen Versuche, welche Airy 1854 in den Gruben von Harton (54° 48′ n. Br.) angestellt, geben nach Stocke's Rechnungen mit Rücksicht auf die Abplattung und Rotation, eine mittlere Erddichte von 6,565 $\pm$ 0,182.

Die atmosphärische Umhüllung unseres Planeten besteht aus einem Gemenge verschiedener Gase, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, sowie

Digitized by Google

vereinzelt Wasserstoff-, Kohlenwasserstoff- und Schwefelwasserstoffgas, wozu noch, mit Basen verbunden, an einigen Punkten Chlorwasserstoffsäure und der für das Gedeihen der Vegetation so wichtige Ammoniak hinzukommen. Der Gehalt an Wasserdampf wird durch die Wärme geregelt.

Die ohne Vergleich vorwiegenden Stoffe sind Sauerstoff und Stickstoff. Nach Dumas' und Boussingault's eudiometrischen Untersuchungen (1841), stehen beide Gase im volumetrischen Verhältnisse von 20,8 zu 79,2 zu einander. Die Beobachter glauben, dass der Sauerstoffgehalt kleinen Schwankungen unterworfen ist und Lewy hat dies in der Nordsee und auf Guadaloupe bestätigt gefunden. Auch der Gehalt an Kohlensäure ist veränderlich und nach A. und H. Schlagintweit's Untersuchungen in den Alpen, wahrscheinlich mit der Höhe zunehmend bis etwa 3400 Meter Erhebung. Nach Saussüre's älteren Beobachtungen wechselt der Kohlensäuregehalt in vierundzwanzigstündiger Periode und ist auf freiem Felde bei Nacht grösser als am Tage. C. Frankland hat neuerdings die Zusammensetzung der Luft in drei verschiedenen Höhen am Montblanc nach den genauesten eudiometrischen Methoden bestimmt und folgende Resultate erhalten.

1) Luft bei Chamouny, gesammelt in 3000 Fuss Höhe am 23. August bei klarem Himmel und Nordwind:

				Mittel
Sauerstoff	20,892	20,870	—	20,881
Stickstoff	79,045	79,067	—	79,056
Kohlensäure . .	—	—	0,063	0,063

2) Luftprobe auf den Grands Mulets in 11000 Fuss Höhe, gesammelt am 20. August, bei Nordwind und Hagelfall, übrigens aber ziemlich klarem Himmel:

Sauerstoff	20,793	20,765	—	20,779
Stickstoff	78,988	79,124	—	79,110
Kohlensäure . .	—	—	0,111	0,111

3) Luft von der Spitze des Montblanc, 15723 Fuss Höhe, am 21. August gesammelt, bei Nordwind und schönem Wetter, doch war die Atmosphäre von durch den Wind aufgewirbelten Schneetheilchen erfüllt:

Sauerstoff	20,950	20,951	—	20,950
Stickstoff	78,989	78,988	—	78,989
Kohlensäure . .	—	—	0,061	0,061

Der Sauerstoffgehalt scheint hiernach in bedeutenden Höhen sich grösser herauszustellen, als in der Tiefe des Luftmeeres. Die der Atmosphäre durch schnelle und langsame Verbrennung, Verwesung und Respiration entzogene Sauerstoffmenge, ist zwar an und für sich nicht unbedeutend, allein nach Poggendorff's Berechnung genügt $^1/_{1000}$ der Atmosphäre, um das ganze Menschengeschlecht 10000 Jahre lang mit Sauerstoff zu versorgen.

Die genaue Ermittelung der chemischen Zusammensetzung unserer

Digitized by Google

Lufthülle, besonders in grösseren Höhen, ist für den Astronomen keineswegs ohne Bedeutung, vor allem da, wo es sich um Erklärung der geheimnissvollen Phänomene des Erglühens und Verbrennens von ausserirdischen Massen handelt, die als Feuerkugeln donnernd und tosend in unseren Dunstkreis niedersteigen.

Wir betrachten nunmehr die Atmosphäre nach ihren physikalischen Eigenthümlichkeiten, unter welchen für die Astronomie als wichtigste, die durch Druck und Temperatur bedingte Dichte, sowie die davon abhängige strahlenbrechende Kraft sind.

Nach den genauen Bestimmungen von Regnault, ist das Verhältniss zwischen der Dichtigkeit der Luft (bei 0,76^m Barometerstand und 0° Wärme) und der des Quecksilbers für das Meeresniveau unter 45° Breite gleich 1 : 10516,8. Aus früheren Untersuchungen von Biot und Arago folgte dieses Verhältniss 1 : 10476,7.

Die Masse der Luft beträgt 0,00000081998 der Erdmasse.

Die Atmosphäre besitzt eine sphäroidale Gestalt wie unser Planet selbst, jedoch mit einer bedeutenderen Abplattung als dieser, wie theoretisch unzweifelhaft ist. Die wirkliche Bestimmung dieser Abplattung aus Beobachtungen, unterliegt grossen Schwierigkeiten, doch kann sie, wie Laplace gezeigt, keinesfalls $^1/_3$ überschreiten.

Die Schwierigkeit der Bestimmung dieses Abplattungscoefficienten, resultirt aus der Unkenntniss, in welcher wir über die wahre Höhe unserer Atmosphäre sind und wahrscheinlich für immer bleiben werden. Diese Höhe liesse sich leicht berechnen, wenn das Gesetz der Wärmeabnahme mit zunehmender Erhebung bekannt wäre; allein da dies nicht der Fall ist, so bleibt das aus E. Schmidt's consequenter Untersuchung gezogene Resultat von 7,7 Meilen Höhe für den Aequator und 5,8 Meilen über den Polen, unsicher. Versuche, die Höhe der Atmosphäre aus den Dämmerungserscheinungen abzuleiten, welche bis Alhazen zurückgehen, müssen der Natur der Sache nach, ein zu kleines Resultat liefern.

Kepler erhielt auf diesem Wege als Höhe 10 geographische Meilen, und viel später Delambre fast den gleichen Werth, nämlich 9,5 Meilen.

Behrmann fand aus einer Reihe von Beobachtungen zwischen 18° n. Br. und 18° s. Br. als Depressionswinkel des Sonnenmittelpunktes 15,61° $\pm$ 0,25°, also für die Höhe der Atmosphäre 8,13 geogr. Meilen.

Die genauesten Untersuchungen in dieser Beziehung aber hat J. Schmidt in Athen angestellt. Es wurde hierbei, um die verschiedenen Dämmerungsstufen scharf aufzufassen, das Hervortreten von Sternen der sechs ersten Grössenclassen in der Umgebung des Zeniths beobachtet. Aus einer grossen Anzahl von Beobachtungen ergab sich (für Athener Breite und Horizont) die Dauer der astronomischen Dämmerung und der Depressionswinkel der Sonne unter dem Horizonte für den ersten Tag jedes Monats, wie in der beistehenden Tabelle folgt. Die daraus resultirende Höhe der Atmosphäre ist hinzugefügt.

Digitized by Google

Zeit	Dauer der Dämmerung	Depression der Sonne	Höhe der Atmosphäre
Januar	92,5 Minuten	17,4 Grad	10.00 Meilen
Februar . . .	82,8 „	16,1 „	8,54 „
März	77,5 „	15,4 „	7,80 „
April	79.0 „	15,8 „	8,22 „
Mai	86,7 „	15,5 „	7,92 „
Juni	96,0 „	15,3 „	7,70 „
Juli	99,2 „	15,3 „	7,70 „
August	90,7 „	15,7 „	8.12 „
September . .	81,5 „	16,2 „	8,64 „
October . . .	79,7 „	16.7 „	9,20 „
November . .	86.2 „	17.2 „	9,76 „
December . .	93,0 „	17,7 „	10,34 „

Der Mittelwerth aus diesen Resultaten für die Depression der Sonne zur Zeit der Beendigung der Dämmerung (für Athen) ist $15{,}92 \pm 0{,}46$ Grad, und hiernach die mittlere Höhe der Atmosphäre, d. h. desjenigen Theiles, der noch dicht genug ist, das Sonnenlicht zu reflectiren, gleich 8,66 Meilen. Man muss wohl beachten, dass dies nur ein unterer Werth sein kann; viele Feuermeteore, welche in Höhen von 20 bis 40 Meilen explodiren, zeigen, dass auch dort noch Luft vorhanden sein muss. Nach Liais existirt selbst nach der Dämmerung noch polarisirtes Licht als Folge reflectirter Sonnenstrahlen, so dass sich eine Höhe der Lufthülle von 40 bis 60 Meilen ergeben würde. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die äusserste Grenze der Atmosphäre da zu suchen ist, wo Centrifugal- und Anziehungskraft der Erde sich das Gleichgewicht halten, in einer Entfernung von 5,66 Erdradien von der Oberfläche. Doch ist die Dichte dieser höchsten Schichten jedenfalls so gering, dass der „luftleere“ Raum, der durch Anwendung unserer besten Luftpumpen erhalten wird, dagegen ungemein dicht erscheint.

Weil die Atmosphäre, wie jedes Gas, den hindurchgehenden Lichtstrahl von der geraden Linie ablenkt, so ist, da alle Beobachtung nur in der Tiefe des Luftmeeres angestellt werden kann, die Bestimmung der Strahlenbrechung oder Refraction, welche im Zenith Null und am Horizonte ein Maximum ist, von grösster Wichtigkeit.

Cleomedes war der Erste, der durch die Bemerkung, dass der verfinsterte Mond gleichzeitig mit der Sonne über dem Horizonte war gesehen worden, das Vorhandensein einer Ablenkung des Lichtstrahles von der geraden Linie deutlich aussprach. Allein erst Tycho berücksichtigte die Refraction einigermaassen bei seinen Beobachtungen, wenngleich er

Digitized by Google

noch der irrigen Ansicht war, als sei dieselbe schon in 45 Grad Höhe gleich Null, während Kepler mit Recht behauptete, sie verschwinde erst im Zenith.

Dominicus Cassini entwarf zuerst eine empirisch bestimmte Tafel der Winkelwerthe der Refraction je nach der Zenithdistanz, doch war dieselbe, wie vorauszusehen, noch ungemein mangelhaft. Johann Cassini verbesserte diese Tabellen und Newton berechnete um dieselbe Zeit eine neue Tafel; allein ein wirklicher Fortschritt wurde erst begründet, als Picard und besonders Lemonnier im Jahre 1738 den Einfluss der Lufttemperatur auf die Ablenkung des Strahles nachwiesen. Jetzt entwarf der fleissige Tobias Mayer eine neue Refractionstafel, die von Lacaille verbessert wurde, und welche unabhängig von der 1763 durch Mascelyne publicirten Bradley'schen Refractionstafel, häufige Anwendung fand. Aber erst Laplace löste das schwierige Problem in einer Weise, die den gesteigerten Anforderungen der modernen Beobachtungskunst entsprach. Die Näherungsformel des französischen Geometers gilt jedoch nur bis zu 80 Grad Zenithdistanz. Die beiden hier vorkommenden, nur aus Beobachtungen abzuleitenden Constanten sind: das Verhältniss der Luftdichte zu jener des Quecksilbers, das schon oben angegeben wurde, und das Brechungsvermögen der Luft. Für letzteres fand früher Delambre aus den Beobachtungen Piazzi's, 0,000588094 und neuerdings Caillet aus den Versuchen von Biot und Arago (1806) unter Benutzung der jetzt allgemein angenommenen Werthe der Ausdehnungscoefficienten der Luft (0,003665) und des Quecksilbers (0,00018018), den etwas abweichenden Werth 0,0005878267. Die Entwicklung der mathematischen Relationen gehört nicht in den Plan dieses Werkes, wohl aber die Zusammenstellung der wahrscheinlichsten numerischen Coefficienten, die nur aus Beobachtungen bestimmbar sind.

Ueber 80 Grad Zenithdistanz hinaus, sind die physikalischen Grundlagen der Laplace'schen Refractionsformel nicht mehr ganz zulässig, sobald die Fehlergrenze derart enge bleiben soll, wie dies die heutige Beobachtungskunst verlangt. Dann ist auch die Refraction in der Nähe des Horizonts selbst bei einer und derselben Zenithdistanz, in Folge von meteorologischen Veränderungen, die für uns wenig Gesetzmässiges zeigen, so veränderlich, dass eine allgemeine Formel höchstens nur einen mittlern Zustand berücksichtigen kann, von dem aber der wahre nicht selten bedeutend abweicht. Die Laplace'sche Formel für Zenithdistanzen über 80 Grad gilt überdies nur für einen ganz speciellen Luftzustand, für einen Beobachter im Meeresniveau bei 0 Grad Temperatur und 0,76^m Barometerdruck und eine Horizontalrefraction von 35′ 6″. Die mathematischen Entwicklungen umschliessen bei Laplace ein Glied, das von der Temperaturabnahme mit wachsender Höhe abhängt, und in Bildung dieser Function ist es, wo Laplace und Ivory von einander abweichen.

Bessel ging bei seinen Arbeiten über die Refraction davon aus, eine empirische Formel abzuleiten, welche sich den Beobachtungen am besten

Digitized by Google

anschliesst; doch konnten auch hierbei hypothetische Annahmen (über die Abhängigkeit des Druckes von der Höhe) nicht umgangen werden und folgte Bessel darin im Allgemeinen Laplace. Die Bessel'sche Atmosphäre stimmt im Allgemeinen mit der Wirklichkeit weit genauer als die von Laplace und Ivory, und auch ein Irrthum Bessel's, auf den später Biot aufmerksam gemacht, ist praktisch von geringer Bedeutung, indem sich nach Berücksichtigung desselben, die Horizontalrefraction zu 36′ 7,4″ ergibt, während aus der ursprünglichen Formel 36′ 6,9″ folgt. Biot ist übrigens der Ansicht, dass die Laplace'sche Formel für die Refractionen zwischen 0 und 80 Grad Zenithdistanz die sichersten Resultate gebe, besonders wenn man dabei den verbesserten Werth für die vom Brechungsvermögen der Luft abhängige Constante einführe. Bessel's Formel verdiene deshalb weniger Zutrauen, weil der Königsberger Astronom einen ungenauen Werth der eben bezeichneten Constante angenommen habe, um auch grössere Zenithdistanzen als 80 Grad mitzunehmen, während hier doch eine genaue Bestimmung der Refraction immer unthunlich bleibe.

Eine Folge der Refraction und Dispersion der Luft, welch' letztere Bouguer 1748 zuerst beobachtete, sind die farbigen Ränder, welche die Himmelskörper in der Nähe des Horizonts zeigen, sowie die Spectra, zu welchen in grossen Fernrohren die Fixsterne bei bedeutenden Zenithdistanzen ausgedehnt sich darstellen, eine Erscheinung, die man mit Unrecht mit dem Phänomen der Scintillation zusammengestellt hat.

Neben der Ablenkung von der geraden Linie, erleidet der Lichtstrahl auf seinem Wege durch die Atmosphäre auch eine Schwächung seiner Intensität, die mit der Zenithdistanz veränderlich ist. Schon Lambert stellte in seiner „Photometrie" Untersuchungen über die Extinction des Lichtes in der Atmosphäre an, und Laplace hat dieselben weiter fortgeführt unter der Annahme, dass der Lichtverlust eines Strahles in jedem Element der Atmosphäre proportional sei seiner Intensität, der Dichtigkeit des Elements und der Länge des durch dasselbe zurückgelegten Weges. Es handelte sich hierbei um Ermittlung einer Constanten zur Bestimmung des wahren Lichtverlustes im Zenith sowohl als des relativen bei verschiedenen Höhen im Vergleich zu demjenigen im Scheitelpunkte.

L. Seidel hat die Laplace'schen Entwicklungen durch Bestimmung der Constanten aus seinen photometrischen Beobachtungen praktisch verfolgt, nachdem er vorher, aus den nämlichen Beobachtungen, empirisch die Extinction für alle Zenithdistanzen abgeleitet hatte. Es ergab sich, dass für sehr kleine und sehr grosse Zenithdistanzen, die empirisch berechnete Absorption geringer als die theoretische ist. Bis 80 Grad Zenithabstand sind die Unterschiede noch ziemlich gering, aber bei 89 Grad gibt die Rechnung eine 4,55 mal grössere Absorption als die Beobachtung.

Als Verhältniss der Helligkeit eines im Zenith stehenden Sternes zu derjenigen, die er ohne Dazwischentreten der Atmosphäre zeigen würde, ergab sich (reducirt auf einen Barometerstand von 0,76^{m}) 0,7942, so dass

Digitized by Google

Zenithdistanz	Helligkeit des Lichtes	Zenithdistanz	Helligkeit des Lichtes	Zenithdistanz	Helligkeit des Lichtes
0°	1,0000	36°	0,9705	72°	0,6053
1	1,0000	37	0,9683	73	0,5848
2	1,0000	38	9,9660	74	0,5636
3	1,0000	39	0,9638	75	0,5395
4	1,0000	40	0,9616	76	0,5152
5	1,0000	41	0,9572	77	0,4909
6	1,0000	42	0,9528	78	0,4645
7	1,0000	43	0,9484	79	0,4375
8	1,0000	44	0,9419	80	0,4093
9	1,0000	45	0,9376	81	0,3733
10	1,0000	46	0,9311	82	0,3281
11	1,0000	47	0,9247	83	0,2825
12	1,0000	48	0,9162	84	0,2421
13	1,0000	49	0,9099	85	0,2070
14	0,9975	50	0,9016	86	0,1816
15	0,9975	51	0,8933	86 10′	0,1683
16	0,9975	52	0,8851	86 20	0,1556
17	0,9975	53	0,8770	86 30	0,1429
18	0,9954	54	0,8670	86 40	0,1306
19	0,9931	55	0,8570	86 50	0,1186
20	0,9931	56	0,8472	87 0	0,1077
21	0,9931	57	0,8375	87 10	0,0979
22	0,9931	58	0,8260	87 20	0,0887
23	0,9908	59	0,8128	87 30	0,0805
24	0,9908	60	0,7998	87 40	0,0729
25	0,9885	61	0,7870	87 50	0,0661
26	0,9885	62	0,7727	88 0	0,0598
27	0,9863	63	0,7567	88 10	0,0540
28	0,9863	64	0,7413	88 20	0,0485
29	0,9840	65	0,7244	88 30	0,0435
30	0,9840	66	0,7080	88 40	0,0388
31	0,9817	67	0,6918	88 50	0,0345
32	0,9795	68	0,6761	89 0	0,0308
33	0,9772	69	0,6607	89 10	0,0275
34	0,9750	70	0,6442	89 20	0,0239
35	0,9727	71	0,6252	89 30	0,0218

Digitized by Google

also ein Strahl bei senkrechtem Durchgange durch die Atmosphäre $^1/_5$ seines Lichtes verliert. Diese Bestimmung weicht nicht sehr viel von derjenigen Bouguer's ab, der dafür 0,8123 fand, während früher Lambert, freilich nach einer nicht exacten Methode, zu der jedenfalls unrichtigen Bestimmung 0,59 kam.

Seidel's empirische Extinctionstafel für die verschiedenen Zenithdistanzen findet sich auf der vorhergehenden Seite.

Nach dieser Tafel ist in 89° 30′ wahrer Zenithdistanz, die Helligkeit eines Sternes oder der Sonne, nur etwa $^1/_{46}$ von derjenigen im Scheitelpunkte. Die Extinction wächst in der That gegen den Horizont so rasch, dass Seidel den Untergang von Sternen erster Grösse nicht mehr beobachten konnte, da sie viel früher verschwanden. Aus diesen Gründen ist es auch erklärlich, weshalb man die Sonne in der Nähe des Horizonts mit blossem Auge betrachten kann; sie übertrifft dann kaum 15000 mal den Vollmond an Helligkeit. Bouguer gab, nach mangelhaften Methoden, die Absorption in der Nähe des Horizonts viel bedeutender an; ihm zufolge, wäre die Sonne bei 90 Grad Zenithalabstand mehr als 800 mal lichtschwächer wie im Zenith selbst.

Die Bestimmung der wechselvollen Färbung der Lufthülle, die mehr oder minder blau erscheint je nach dem Wassergehalte und nach der Höhe des betrachteten Punktes über dem Horizonte, gehört in die Meteorologie; dagegen kann hier noch der Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes gedacht werden, die nach R. Smith den Abschnitt einer Kugelfläche bildet, und deren Höhe sich zum Radius der Grundfläche wie 3 zu 10, oder nach Drobisch wie 11 zu 37 verhält.

Digitized by Google

Der Mond der Erde.

Der Mond, der Satellit der Erde, bleibt dieser unter allen Weltkörpern dauernd am nächsten und ist uns deshalb seiner physischen Individualität nach, am besten bekannt.

Schon Aristarch versuchte die Entfernung des Mondes von der Erde zu bestimmen und Posidonius erhielt dafür, nach einer nicht genauer bekannten Methode, 2 Millionen Stadien, was, wenn Buchotte's Bestimmung der Länge des griechischen Stadiums nicht auf einem Kreisschlusse beruht, 50000 geographischen Meilen entspricht. Nach Hipparch würde die Mondentfernung 62 bis 72,5 Erdradien betragen, ein Resultat, das ebenso wie jenes später von Ptolemäus erhaltene, zu gross ist.

In den Alphonsinischen Tafeln wird die Horizontalparallaxe des Mondes zu 58′ angesetzt, der eine wahre Entfernung von 51000 Meilen entspricht. Tycho setzte die Parallaxe gleich 61′, was auf 48,400 Meilen Entfernung führt.

Halley nahm die Mondparallaxe der Wahrheit bemerkenswerth nahe zu 57′ 18″ an, Dominicus Cassini zu 58′ 22″, Newton hielt sich in seinen bewundernswürdigen Arbeiten an den Werth von 57′ 30″, Tobias Mayer legte seinen Mondtafeln den Werth von 57′ 44″ zum Grunde, während Lalande dafür 57′ 36″ annahm. Laplace endlich, leitete aus den Beobachtungen von Mason, Bürg und Burckhardt, eine Aequatorial-Horizontalparallaxe des Mondes von 57′ 34,2″ ab. Die neueste und zuverlässigste Bestimmung dieser Grösse durch Breen, ergab 57′ 2,7″, und ihr entspricht eine mittlere Entfernung von 51 800 geographischen Meilen.

Die Excentricität der Mondbahn beträgt 0,0549081, sonach ist die kleinste und grösste Distanz vom Erdmittelpunkte resp. 48 950 und 54 650 Meilen. Steht dagegen der Mond in seiner grössten Erdnähe, so kann in Folge der Perturbationen, sich die kürzeste Distanz zwischen der Erd- und Mondoberfläche, auf weniger als 47 000 Meilen vermindern.

Die Länge des Perigäums beträgt (1800,0 0^h m. Z. v. Gr.) 225° 23′ 53,1″ und dasselbe umläuft von Ost nach West im Mittel in 8,8508 Jahren einmal den ganzen Himmel, so dass es in 100 Julianischen Jahren eine mittlere tropische Bewegung von 4069,057 Grad besitzt.

Die Länge des aufsteigenden Mondknotens ist 33° 16′ 31,2″ und die Knoten haben in 100 Julianischen Jahren eine retrograde tropische Bewe-

Digitized by Google

gung von 1934,150 Grad, so dass sie in 18,5997 Jahren einmal den ganzen Himmel umwandern.

Die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik beträgt $5^0\ 8'\ 40''$ und schwankt periodisch zwischen den Werthen $5^0\ 0'$ und $5^0\ 18'$; die mittlere Neigung aber bleibt ungeachtet der Bewegung der Ekliptik constant. Die Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik ist $1^0\ 28'\ 25''$ und unveränderlich.

Die wahre siderische Umlaufszeit des Mondes beträgt $27^d\ 7^h\ 43^m\ 11{,}5^s$ oder 27,3216609 Tage.

Die tropische Umlaufszeit ist $27^d\ 7^h\ 43^m\ 4{,}7^s$, die synodische $29^d\ 12^h\ 44^m\ 2{,}9^s$, letztere hatte schon Ptolemäus nur $0{,}4^s$ grösser bestimmt. Sonach beträgt die mittlere tägliche tropische Bewegung des Mondes $13^0\ 10'\ 35{,}0286''$.

Als nothwendige Folge der veränderlichen Excentricität der Erdbahn ist die Umlaufszeit des Mondes kleinen Schwankungen unterworfen, die Perioden von vielen Jahrtausenden umfassen. Nach Laplace war zur Zeit der Babylonier die siderische Umlaufszeit des Mondes 0,56 Secunden länger als gegenwärtig. In Folge dieser sich verkürzenden Umlaufszeit, nimmt die mittlere Bewegung des Mondes zu. Halley war der Erste, der die Acceleration der mittleren Mondbewegung durch Vergleichung der ältesten mit den neueren Beobachtungen bemerkte, und Dunthorn bestimmte den säcularen Werth derselben zu $10{,}0112''$. Tobias Mayer nahm anfänglich in seinen Mondtafeln $6{,}998''$ an, später $9{,}0072''$. Lalande kam durch eine sorgfältige Discussion wieder nahe zu dem Dunthorn'schen Resultate, und Laplace erhielt den noch grössern Werth von $10{,}72''$.

Nach Hansen's neuesten Bestimmungen, beträgt die säculare Variation der mittlern Mondlänge $12{,}18''$, und dieser Werth, aber auch kein anderer, genügt vollkommen, die Finsternisse des Alterthums und des Mittelalters darzustellen. Dagegen fanden Adams und Delaunay aus ihren analytischen Entwicklungen eine Säcular-Variation von $6{,}11''$, sehr nahe einem früher von Damoiseau erhaltenen Resultate von $6{,}56''$. Den Grund der Incongruenz zwischen Hansen's und dem von ihnen erhaltenen Werthe, suchen Adams und Delaunay mit vielem Rechte in einer Verlangsamung der Erdumdrehung.

Der Halbmesser des Mondes beträgt in mittlerer Entfernung $15'\ 32{,}4''$. Tycho schon hatte ihn zu $15^5/_{12}'$ geschätzt und Horrox fand $15{,}5'$. Der wahre Durchmesser ist 468 geographische Meilen.

Der Mond besitzt keine wahrnehmbare Abplattung, dagegen, wie schon Lagrange vermuthete, eine sehr geringe Verlängerung gegen den Erdkörper hin, so dass er also für einen Beobachter ausserhalb der Mondbahn, periodisch eine geringe Ellipticität zeigen wird.

Neuerdings hat Hansen, zum Theil auf den Arbeiten von Nicollet und Wichmann fussend, sehr wahrscheinlich gemacht, dass der Schwerpunkt unseres Satelliten nicht mit seinem geometrischen Mittelpunkte zusammenfällt, sondern 8 geographische Meilen jenseits desselben liegt. Die

Digitized by Google

gegen die Erde hin verlängerte Gestalt, welche der Mond bei stereoskopischer Darstellung von Photographien, zu besitzen scheint, und woraus man einen Beweis für die Richtigkeit der analytischen Resultate in Betreff dieses Punktes ableiten wollte, ist sicherlich nur eine Täuschung.

Die gesammte Oberfläche des Mondes umfasst 688 640 geographische Quadratmeilen. Wenn man die Grösse des europäischen Russlands zu 100 000, jene Sibiriens nach Wenjukoff zu 268 855 Quadratmeilen annimmt, so umfassen beide Theile des Zaarenreiches mehr Quadratmeilen, als die ganze uns sichtbare Mondscheibe. Unser Erdtheil Amerika hat ungefähr gleiches Areal wie die gesammte Mondoberfläche. Man knüpft gern räumliche Vergleiche von Grösse und Ausdehnung dessen, was unserer Berührung unerreichbar im Weltenraume kreist, an das, was in unserer Umgebung auf unserm kleinen Planeten sich befindet.

Der Mond wendet der Erde beständig dieselbe Seite zu, er dreht sich also während jeden Umlaufs einmal um seine Axe. Weil diese Umdrehung gleichmässig, die Bahnbewegung hingegen ungleichförmig ist und beide nicht in derselben Ebene von Statten gehen, so resultirt eine periodische Verschiebung der scheinbaren Lage sämmtlicher Punkte der Mondoberfläche gegen unsere Erde, die Libration in Länge und Breite, während die parallactische Libration einfach von der Entfernung unseres Satelliten und den Dimensionen des Erdsphäroids abhängt. Durch die Libration wird uns nach und nach mehr als genau eine Hälfte der Mondoberfläche sichtbar. Oestlich und westlich kann sie auf $7^0\,53'$ der Mondkugel steigen, nördlich und südlich auf $6^0\,47'$ und unter dem 40. Grade nördlicher oder südlicher Breite auf $10^0\,24'$. Der uns niemals zu Gesichte kommende Theil der Mondoberfläche beträgt 0,4243, oder 292 190 Quadratmeilen.

Die Masse des Mondes ist nach Peters und Schidloffsky $^1/_{81}$ der Erdmasse; Lindenau hatte sie früher bedeutend geringer, $\frac{1}{87.7}$, gefunden, allein es scheint, dass selbst der zuerst angeführte Werth noch einer kleinen Vergrösserung bedürfe und $^1/_{80}$ als Verhältniss der Masse von Mond und Erde der Wahrheit am nächsten kommt. Leverrier bleibt bei $\frac{1}{81.6}$ als Mondmasse stehen. Hieraus ergibt sich bei dem $\frac{1}{49.38}$ betragenden Volum der Mondkugel, deren mittlere Dichte zu 0,6 von jener der Erde.

Ein Körper durchfällt auf der Mondoberfläche in der Ersten Secunde einen Raum von 2,5 pariser Fuss.

Die Unebenheiten und mehr noch die Helligkeits-Ungleichheiten der Mondoberfläche, sind in allgemeinen Zügen schon dem blossen Auge bemerkbar. Man darf daran erinnern, dass wir von der Oberfläche keines Planeten, selbst unter Anwendung der vorzüglichsten Instrumente, verhältnissmässig so Detaillirtes unterscheiden können, als von der Mondoberfläche mit blossem Auge.

Plutarch schon bemerkte, dass man die Mondflecke für Berge und Thäler ansehen könne, dagegen bestritt er die von Agesianax aufgestellte Hypothese, als erblickten wir in der Mondscheibe, ähnlich wie in

Digitized by Google

einem Spiegel, die Umrisse der Continente und Meere unserer eigenen Erde. Unter den mannigfachen phantastisch-träumerischen Ansichten der griechischen Denker über den die Nächte erleuchtenden Mond, begegnet man erfreut rationelleren Anschauungen bei dem, in so manchen naturwissenschaftlichen Hypothesen, seiner Zeit um Jahrtausende vorausgeeilten Anaxagoras. Nach dem Zeugnisse des Diogenes Laertius, hat jener scharfsinnige Philosoph volle sechs Jahrhunderte vor Plutarch, die Lehre vorgetragen, dass auf dem Monde Berge und Thäler (sowie Bewohner) existirten, dass er eine Welt für sich sei. Solche Behauptungen sind schwerlich ausschliesslich speculativer Natur; sie wurden vielleicht unterstützt durch ein aufmerksames Betrachten der zu- und abnehmenden Mondphasen unter dem heitern südlichen Himmel. Plutarch erwähnt ausdrücklich der Berggipfel und vergleicht sie mit dem Athos, dessen Schatten zur Zeit der Solstitien die eherne Kuh auf dem Marktplatze der Stadt Myrine auf Lemnos erreichte. Bedenkt man, dass bei günstiger Libration, selbst der dunkle Fleck Grimaldi dicht am Ostrande der Mondscheibe mit blossem Auge gesehen werden kann, so muss man gestehen, dass nach den widersprechenden und mangelhaften Ansichten des Alterthums und Mittelalters, man sich bis zur Erfindung der Ferngläser viel zu wenig mit Beobachtung der Mondoberfläche beschäftigt hat.

Im Mai 1609 richtete Galilei zuerst das eben von ihm construirte Fernrohr auf den Mond, und von dieser Zeit an datirt eine genauere Kenntniss der Oberfläche unseres Trabanten.

Bei jenen ersten Beobachtungen erkannte schon der florentinische Physiker die Eigenthümlichkeit der Mondgebirge als nahe kreisrunde, mit Bergen umgebene Landschaften, vergleichbar dem böhmischen Bergkessel. Er erwähnt Bergspitzen, welche als isolirte helle Punkte aus dem noch nachtbedeckten Theile der Mondscheibe bis zur Lichtgrenze emporragen, und deren Höhe nach seinen unvollkommenen Messungen etwa eine geographische Meile betragen würde.

Die Mondkarte, welche Galilei entwarf, musste bei dem Mangel einer hinreichenden Vergrösserung und mehr noch eines geeigneten Messinstruments, nothwendiger Weise sehr unvollkommen sein, und das Gleiche gilt von den etwas späteren Versuchen Scheiner's, Schirläus' u. A. Genauer in jeder Beziehung war die Karte, welche der Danziger Bürgermeister Hevel nach eignen Beobachtungen entwarf. Zwar gab auch er die Lage der einzelnen Mondflecke nur nach dem Augenmaasse, allein bei der ungemeinen Aufmerksamkeit, welche dieser Astronom auf seine Arbeit verwandte, war der Fortschritt gegenüber den bisherigen Versuchen ein sehr bedeutender. Hevel fand als Maximum der Höhe von Mondbergen 5000 Meter. Die von ihm gezeichnete Mondkarte erschien 1647. Fast gleichzeitig beschäftigten sich Peyresl und Gassendi mit einer ähnlichen Arbeit, doch stellten sie dieselbe auf die Nachricht von Hevel's Unternehmen wieder ein, als bereits einige Blätter ihrer Mondkarte erschienen waren. Riccioli betheiligte sich gleichfalls an der topographi-

Digitized by Google

schen Darstellung des Mondes, aber die von ihm zu Stande gebrachte Karte beruht zum Theil auf den sehr primitiven Versuchen Grimaldi's. Die Höhenbestimmungen sind vollkommen unbrauchbar. Um so mehr leistete Riccioli in der Nomenclatur der einzelnen Mondflecke. Die Mondkarte von Dominicus Cassini besitzt einen Durchmesser von 12 pariser Fuss, enthält aber nur sehr wenig Detail. Wie bei allen seinen Arbeiten, so erkennt man aber auch hier den grossen Beobachter, dessen Hauptbestreben auf Gewinnung möglichst exacter Grundlagen hinzielt. Die Lage der hauptsächlichsten Mondflecke wurde durch Messung ermittelt und die übrigen zwar bloss nach dem Augenmaasse, aber auf eine mittlere Libration reducirt, eingetragen. Lahire hat ebenfalls eine grosse, theilweise auf eigenen Beobachtungen beruhende Mondkarte entworfen, die indess nicht publicirt worden ist.

Die erste wirklich wissenschaftliche Darstellung der Oberflächenverhältnisse unseres Satelliten, verdanken wir dem Talente und beharrlichen Fleisse von Tobias Mayer. Wenn auch die ursprüngliche Absicht dieses berühmten Astronomen, die nach Lichtenberg's Angabe darauf hinausging, eine möglichst detaillirte, bloss auf eigenen Messungen beruhende Selenographie zu liefern, durch äussere Verhältnisse behindert, nicht realisirt wurde; so fand sich doch in dem Nachlasse Mayer's, eine kleine $7^1/_2$-zöllige Generalkarte des Mondes, die ausschliesslich nach Mikrometermessungen des Verfassers entworfen war. Sie erschien 1775 zu Göttingen im ersten Bande von Mayer's Opera inedita und blieb länger als ein halbes Jahrhundert die einzige brauchbare Karte unseres Trabanten.

Schröter in Lilienthal, der den Mond eifrig und viele Jahre hindurch erst mit einem 7füssigen, dann mit 18- und 27füssigen Spiegelteleskopen durchforschte, beschäftigte sich ausschliesslich mit Untersuchung einzelner Mondlandschaften, von denen er Zeichnungen gab, die freilich weniger die wahren, horizontalen und verticalen Verhältnisse, sondern mehr die scheinbaren (Schattenwurf, Hervortreten lichter Punkte aus dem nächtlichen Dunkel) in den Vordergrund stellten, so dass sich aus ihnen ein vollständiges Bild der Mondoberfläche nicht zusammenstellen lässt. Die Beiträge, welche Herschel seit 1780 zur Kenntniss der Mondoberfläche geliefert, sind sehr unbedeutend; das Feld für Herschel's Teleskope war der Fixsternhimmel, nicht die Mondscheibe. W. G. Lohrmann in Dresden war der Erste, der es unternahm, eine den Anforderungen der modernen Wissenschaft entsprechende Mondkarte herzustellen. Indess ist das fleissige und mühevolle Unternehmen nicht ganz durchgeführt worden. Im Jahre 1824 erschien eine Section in 4 Blättern, und später (1838) eine sehr schöne Generalkarte des Mondes, zwei Jahre vor dem leider zu früh erfolgenden Tode des thätigen Beobachters. Im Jahre 1830 begannen Beer und Mädler ihre bekannte selenographische Arbeit, als deren Resultat die 3 Fuss im Durchmesser haltende Generalkarte und die vergleichende Selenographie „der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen" erschien. Die beiden berliner Beobachter

Digitized by Google

gingen nicht zu weit ins Detail ein, ihre Karte enthält nur Gegenstände, die mit 4füssigen Fraunhofer'schen Achromaten bequem gesehen werden können. Später hat Mädler noch einige Specialaufnahmen einzelner interessanter Landschaften ausgeführt, durchgängig mit Hülfe von 14füssigen Refractoren. Zunächst an Beer's und Mädler's Arbeit, müssen die Untersuchungen von Julius Schmidt angereiht werden, und diesen thätigen Astronomen darf man wohl gegenwärtig mit Recht als den genauesten Kenner der Mondoberfläche bezeichnen. Seit 1840, besonders aber seit 1842, hat dieser Astronom andauernd den Mond untersucht und die Resultate seiner Wahrnehmungen graphisch niedergelegt. Gegenwärtig ist er mit Vollendung der Lohrmann'schen Selenographie beschäftigt und mit Herstellung einer grossen Mondkarte, die, nach den bekannt gewordenen Vorarbeiten zu schliessen, die Beer- und Mädler'sche Mappirung weit hinter sich zurücklassen wird. Beiträge zur Kenntniss einzelner Mondgegenden haben noch Pastorf, Gruithuisen, Kunowsky, Kinan und englische Beobachter geliefert.

Nicht mit Unrecht hat man schon seit einer Reihe von Jahren auf die Wichtigkeit der Photographie für die Aufnahme der Mondscheibe aufmerksam gemacht. Schon 1840 äusserte Arago in der Deputirtenkammer, als es sich um Bewilligung einer Nationalbelohnung für Daguerre handelte: „Bisher haben die Mondstrahlen, sogar wenn sie im Brennpunkte der grössten Linse vereinigt waren, durchaus keine nachweisbare physikalische Wirkung ausgeübt. Aber die nach Daguerre's Verfahren präparirten Platten bleichen unter Einwirkung der Mondstrahlen und der nachfolgenden Operationen dergestalt, dass die Hoffnung begründet erscheint, man werde einst photographische Karten unseres Satelliten herzustellen vermögen, d. h. man werde im Laufe weniger Minuten. eine der langwierigsten, mühsamsten und schwierigsten Arbeiten in der Astronomie ausführen können." Diese Hoffnungen Arago's haben sich erst vor wenigen Jahren zu verwirklichen begonnen. Lichtbilder des Mondes konnten alle nur in sehr kleinen Dimensionen erhalten werden, da es bei starken Vergrösserungen nicht möglich ist, das Fernrohr mit dem Apparate, der fast 8 Minuten lang dem Mondlichte exponirt werden musste, der verwickelten Bewegung unseres Trabanten mit aller nothwendigen Genauigkeit folgen zu lassen. Neuerdings haben sich Bond, Whipple, Black, Wolf, Rayet, Warren de la Rue, Lewis Rutherford und Draper sehr um die photographische Darstellung der Mondoberfläche verdient gemacht. Die glänzenden, von ihnen erzielten Resultate, gelangen durch Darstellung von für das Licht empfindlicheren Substanzen als man früher kannte, sowie durch Vervollkommnung der optischen Apparate, welche zur Entwerfung des Bildes dienen. Dem zuletzt Genannten ist es wiederholt gelungen, scharfe Darstellungen des Vollmondes, in $^1/_2$ Secunde zu erhalten. Bei der Mondfinsterniss am 4. October 1855, benutzten Wolf und Rayet ein Foucault'sches Teleskop mit versilbertem Glasspiegel, das bei 20 Centimeter Oeffnung 1 Meter Brennweite besass. Die Lichtstärke

Digitized by Google

dieses Teleskops erwies sich bedeutend genug, um die präparirte Platte nur 1 Secunde zu exponiren und dennoch ausgezeichnete Bilder zu erhalten. Rutherford wendet bei seinen Aufnahmen ein Objectiv von $11^1/_4$ Zoll Oeffnung und 14 Fuss Brennweite an. Das Instrument wird durch ein von Alvan Clarc und Sohn construirtes Uhrwerk gedreht. Es gelang dem Beobachter erst nach den vielfältigsten Bemühungen, im Jahre 1864 ein Objectiv herzustellen, bei dem der chemische mit dem optischen Brennpunkte coincidirt. Ein solches ist freilich für die unmittelbare Beobachtung verloren, aber desto besser für photographische Zwecke; es gibt Sterne 9. Grösse auf der Platte deutlich wieder. Am 6. März 1865, als der Apparat zum ersten Male gegen den Mond gerichtet ward, war dieser drei Tage nach dem ersten Viertel. Die Dauer der Exposition betrug weniger als 3 Secunden. Das erhaltene Bild hat 1 Fuss $7^1/_2$ pariser Zoll Durchmesser und zeigt eine Menge Detail. Die ausgezeichneten Bilder, die Warren de la Rue bereits im Jahre 1857 erhalten hat, gestatten sehr gut mikrometrische Messungen mittels des Mikroskops, und das Lunar Comite der British Association beabsichtigt, dieselben zur Basis einer grossen, 6 Fuss im Durchmesser haltenden Karte des Mondes zu benutzen, auf Grund deren eine zonenweise Untersuchung der ganzen Mondoberfläche unternommen werden soll.

Es ist ein auffallendes Factum, dass verschiedene Theile des Mondes, die dem Auge im Fernrohre gleich hell erscheinen, chemisch verschieden wirken und in ungleichem Maasse die exponirte Platte angreifen. Es stimmen Licht und Schatten auf den photographischen Bildern nicht immer genau mit denjenigen des optischen Bildes überein. Man bemerkt gern, wie derartige Wahrnehmungen uns mit der Zeit zu einigermaassen sicheren Schlüssen über Stoffverschiedenheit einzelner Punkte der Mondoberfläche führen können.

Es lässt sich nicht bestreiten, dass man an der Hand der Photographie einst unvergleichlich mehr in das Detail der Mondoberfläche eindringen wird, als dies durch blosse Beobachtung mittels grosser Fernrohre geschehen kann. In bedeutenden Höhen über dem Erdboden, wo die Luft jene Heiterkeit, Ruhe und Klarheit besitzt, deren fast beständiges Fehlen in der Ebene die Anwendung starker Vergrösserungen auf den Mond behindert, kann man sich nicht wohl dauernd aufhalten, um Studien über die Mondoberfläche anzustellen. Dagegen genügt ein kurzer Aufenthalt, um mit Hülfe der Photographie Darstellungen zu erhalten, die man später mit Musse untersuchen kann. —

Schon seit mehr als 170 Jahren hat man versucht die Helligkeit des Mondlichtes in Vergleich zu jenem der Sonne zu bestimmen. Smith setzte die scheinbare Helligkeit des Mondes der mittlern Helle des reinen Himmels bei Tage etwa gleich, woraus sich dafür $\frac{1}{400\,000}$ der Sonnenhelligkeit ergibt. Allein wenn man erwägt, dass zwischen dem Auge und Monde auch noch das Licht desjenigen Theiles der Atmosphäre sich be-

Digitized by Google

findet, hinter dem der Mond steht, so muss man die Zahl $\frac{1}{400\,000}$ beträchtlich verkleinern.

Bouguer versuchte, durch Vergleichung des Sonnen- und Mondlichtes mit dem Lichte zweier Kerzen, das Problem zu lösen und erhielt im Mittel aus vier ziemlich mit einander übereinstimmenden Versuchen, $\frac{1}{300\,000}$, ein Resultat noch grösser wie jenes von Smith.

Wollaston erhielt aus 12 Versuchen mittels Vergleichung der Schatten, $\frac{1}{801\,076}$. Die Versuche wurden einerseits mit Sonnen- und Kerzenlicht, anderseits zwischen Mond- und Kerzenlicht angestellt. Wollaston bemerkt, dass die ersteren Vergleichungen gut, die letzteren schlecht mit Bouguer's Experimenten übereinstimmen.

Michell und Euler schlossen früher aus theoretischen Gründen, dass der Mond 450 000 resp. 374 000 mal lichtschwächer als die Sonne sei.

Nach Lambert würde die Leuchtkraft des Vollmondes $\frac{1}{277\,000}$ von jener der Sonne sein, wenn man den Erleuchtungscoefficienten des Mondes zu $^1/_4$ annimmt. Doch ist diese Annahme, wie auch Lambert selbst bemerkt, gewiss nicht richtig, indem jener des feinsten Bleiweisses nur 0,4 beträgt.

In neuester Zeit ist das Problem definitiv entschieden worden durch die Messungen, welche Zöllner mit seinem ausgezeichneten photometrischen Apparate angestellt hat. Beobachtungen, bei welchen leuchtende Flächen verglichen wurden, ergaben $\frac{1}{618\,000}$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 1,6 Procent; andere, bei denen leuchtende Punkte zur Vergleichung dienten, lieferten sehr nahe dasselbe Resultat, nämlich $\frac{1}{619\,000}$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 2,7 Procent. Schon früher hatte Lambert, der Begründer der wissenschaftlichen Photometrie, eine auf analytischem Wege gefundene Formel angegeben, welche die relative Helligkeit der verschiedenen Mondphasen ausdrückt. Diese Formel war unter Zugrundelegung einer genau kugelförmigen, das Licht zerstreut und allenthalben gleich stark reflectirenden Mondoberfläche gewonnen worden, Voraussetzungen wie sie der Calcül nothwendig forderte, wenn das relative Lichtverhältniss auf rein theoretischem Wege sollte gefunden werden. Erst im Jahre 1865 hat Zöllner mittels seines Astrophotometers zeigen können, dass die Lambert'sche Formel mit der Wirklichkeit auch nicht entfernt übereinstimmt. Bessere Resultate wurden dagegen erhalten, als Dr. Zöllner in die Lambert'sche Formel eine Constante β einführte, welche den mittlern Elevationswinkel der Mondberge ausdrückt und deren Werth zu 52° bestimmt wurde. Die Formel, welche für alle Phasen bis in die Nähe der Quadraturen reicht, wurde jetzt:

$$\frac{q}{q'} = \frac{sin\,(v - \beta) - (v - \beta)\,cos\,(v - \beta)}{sin\,(v' - \beta) - (v' - \beta)\,cos\,(v' - \beta)}$$

wo q und q' die Lichtmengen zweier verschiedenen Mondphasen, v und v' aber die entsprechenden Winkelabstände zwischen Sonne und Mond bezeichnen. Dass diese Formel weit besser das wahre Helligkeitsverhältniss

Digitized by Google

darstellt, als diejenige von Lambert, ergibt sich aus der nachstehenden Beobachtungstabelle, für welche die Helligkeit des Vollmondes = 100 angenommen ist.

v	Berechnete Helligkeit nach Lambert	nach Zöllner	Beobachtete Helligkeit von Zöllner
179°	99,98	98,60	98,60
185	99,63	92,79	87,20
172	99,06	88,41	92,19
169	98,24	84,04	88,76
193	97,57	81,21	82,60
161	94,93	72,29	68,41
156	92,13	65,15	71,38
153	90,18	61,00	57,90
207	90,18	60,93	63,47
152	89,50	59,60	56,15
208	89,50	59,60	57,00
147	85,82	52,90	48,60
140	80,04	43,70	47,10
219	94,93	45,00	41,70
139	99,66	42,50	43,95
122	78,27	41,40	38,00
134	74,61	36,70	36,10
232	68,87	27,63	29,11
122	62,91	24,30	27,10
242	58,89	20,60	20,40
249	51,82	15,20	14,60

Mittels des für den Mond gefundenen Helligkeitswerthes, findet sich die wahre lichtreflectirende Kraft desselben, die sogenannte Albedo, zu $0{,}1736 \pm 0{,}0035$, also bedeutend geringer als der Werth 0,25, der aus Lambert's Rechnungen folgte, und gerade die Mitte einhaltend zwischen diesem und demjenigen Werthe, der sich aus Wollaston's Experimenten ergibt. Die lichtreflectirende Kraft der Mondoberfläche ist sonach fast gleich gross wie jene des Thonmergels, welche nach Zöllner's Bestimmungen 0,156 beträgt. Die Albedo des Mondes hat einen geringern Werth als diejenige aller bis jetzt in dieser Hinsicht von Zöllner untersuchten Planeten. Es beträgt nämlich die lichtreflectirende Kraft M für:

Digitized by Google

Mars	$0{,}2672 \pm 0{,}0155$
Jupiter	$0{,}6238 \pm 0{,}0355$
Saturn	$0{,}4981 \pm 0{,}0249$
Uranus	$0{,}6406 \pm 0{,}0540$
Neptun	$0{,}4648 \pm 0{,}0372$

Bei Berechnung der wahrscheinlichen Fehler, sind die Unsicherheiten in der Grössenbestimmung der Planetendurchmesser bereits berücksichtigt. Zur Vergleichung mögen hier noch beiläufig die Werthe von *M* für einige irdische Stoffe mit zerstreuter Reflexion folgen, wie sie Zöllner mittelst seines schönen Apparates bestimmt hat:

	M
Frisch gefallener Schnee	0,783
Weisses Papier	0,700
Weisser Sandstein	0,237
Thonmergel	0,156
Quarzporphyr	0,108
Feuchte Ackererde	0,079
Dunkelgrauer Syenit	0,078

Die Albedo von Glas ist 0,040, von Wasser 0,021, von Quecksilber 0,648, von Spiegelmetall 0,535, alles Substanzen mit spiegelnder Reflexion.

Die Farbe des Mondlichtes ist gelb. Während des Tages erscheint der Mond weiss, weil sich mit dem gelben Lichte der Mondscheibe derjenige Theil der blauen Farbe der Atmosphäre vermischt, welcher sich auf der Mondscheibe projicirt und beide in ihrer Vereinigung Weiss bilden. Diese Erklärung ist von Arago. Einzelne Theile der Mondoberfläche zeigen mehr oder minder deutliche Farbenabstufungen vom blendendsten Weiss bis zum tiefsten Stahlgrau oder Grünlichgrau. Schon 1667 behauptete Hooke, auf dem Monde seien gewisse Regionen mit einer Art von Vegetation bedeckt; wahrscheinlich bemerkte er den grünlichen Schimmer einzelner Theile der Mondscheibe. Nach Mädler ist das mare serenitatis grünlich; ich würde es mehr graugrünlich schätzen. Gleichfalls grünlich erscheinen: das mare crisium und mare humorum, während der Fleck Lichtenberg und der palus somnii röthlich schimmern. Diese übrigens schwierig aufzufassenden Farbentöne, bleiben constant bei jeder Lunation, sie sind also unzweifelhafte Eigenthümlichkeiten des Bodens auf der Mondoberfläche.

Die Untersuchung des Spectrums vom Mondlichte, hat die nämlichen schwarzen Linien ergeben, welche das Sonnenlicht zeigt und ausserdem keine neuen.

Schon der Sanskritname des Mondes beweist, dass man seit den ältesten Zeiten sein Licht als gänzlich der Wärme ermangelnd ansah. Bei Plutarch heisst es in dem Gespräche über das Gesicht im Monde, dass das Sonnenlicht, wenn es vom Monde zu uns reflectirt wird, fast alle Wärme verliere, so dass uns nur schwache Reste davon zukämen. Es ist schwer zu entscheiden, woher diese Idee einer Mondwärme entstanden ist. Dagegen heisst es in Macrobius wieder (Somn. Scip.), dass der Mond

Digitized by Google

keine uns wahrnehmbare Wärme herniedersende. Experimentelle Untersuchungen, die wärmeerregende Kraft des Mondlichtes zu bestimmen, treffen wir erst in der neueren Zeit. Tschirnhausen in der zweiten Hälfte des siebenzehnten Jahrhunderts, beschäftigte sich viel mit Lösung des Problems, aber seine gewaltigen Brennspiegel zeigten nicht die geringste Wirkung des concentrirten Mondlichtes. Lahire wandte 1705, Brennspiegel von fast 3 Fuss Durchmesser an, allein auch hiermit erblickte er nicht die leiseste Spur auf ein sehr empfindliches Luftthermoskop. Howard an der Maryland-Universität concentrirte 1820 das Mondlicht mittels eines 13zölligen Brennspiegels und fand eine an der thermometrischen Skala bemerkliche Wärmewirkung. Im Jahre 1822 wiederholte Pictet diese Versuche, erhielt aber nur negative Resultate.

Mittels einer Thermosäule und einer Linse von 30 Zoll Durchmesser und 41 Zoll Brennweite fand Forbes im Jahre 1834 deutliche Wärmewirkungen des Mondlichtes; aber die Berechnung der Quantität dieser Wärme zu 0,000003° C. ist sehr unsicher. Im Jahre 1846 fand Melloni mittels einer dreifüssigen Zonenlinse und eines thermoelektrischen Apparates ebenfalls deutliche Spuren von Wärme im Mondlichte.

Die 1856 von Piazzi Smyth auf dem Pic von Teneriffa beobachteten Wärmewirkungen der Mondstrahlen entsprechen nach Marié-Davy's Versuchen 0,00075° C. Die Untersuchungen von Lord Rosse in den Jahren 1868 bis 1869 ergeben, dass die Mondwärme zu 92 Proc. aus unsichtbaren und nur zu 8 Proc. aus sichtbaren Strahlen herstammt. Im Sommer 1869 bestimmte Baille in Paris durch Wiederholung der Rosse'schen Versuche, dass die Wärme des Vollmondes derjenigen entspricht, welche ein Würfel siedenden Wassers von $6^1/_2$ Centimeter Seite auf eine Distanz von 35 Meter hin ausübt.

Einige Tage vor und nach dem Neumonde, bei noch geringer Breite der lichten Phase, erblickt man häufig bei günstigem Himmel, selbst am Tage, kurz vor Sonnenuntergang, den dunklen Theil der Mondscheibe phosphorisch schimmern. Diese seit den ältesten Zeiten häufig wahrgenommene Erscheinung, deren Erklärung die Alten zu den sonderbarsten Hypothesen verleitet, ist zuerst, wie Venturi allgemeiner bekannt gemacht hat, von dem unsterblichen Leonardo da Vinci theoretisch ergründet worden. Als Mästlin 1596 öffentlich in Tübingen seine Behauptung vertheidigte, dass der aschfarbene Schimmer in des Mondes Nachtseite, von reflectirtem Erdlichte d. h. von zweimal zurückgestrahltem Sonnenlichte herrühre, war diese Erklärung von dem grossen florentinischen Maler lange vorher aufgestellt gewesen. Im Siderius nuncius gedenkt Galilei dieser Theorie als seiner eigenen Entdeckung.

Mit blossem Auge erkennt man das aschfarbene Licht kaum mehr zwei Tage vor den Quadraturen. Hevel erblickte es mehrfach noch einen Tag nach dieser Epoche, Schröter zwei bis drei Tage in einem 7 füssigen Reflector bei 160facher Vergrösserung. Ich selbst habe das Phänomen in einem kleinen Nachtfernrohre häufig einen Tag nach der Quadratur,

Digitized by Google

einmal sogar 31 Stunden später gesehen. Schon Galilei behauptete, das aschfarbene Licht sei vor dem Neumonde heller als nach demselben, und Schröter stimmt dem bei. Er und vor ihm schon Lambert, erklären die verschiedene Intensität daher, dass bei abnehmendem Monde, also vor dem Neumonde, unser Satellit das Licht erhält, welches von den grossen Ländermassen Asiens und Afrikas zurückstrahlt, während bei zunehmendem Monde, nach der Conjunction, hauptsächlich oceanische Theile unserer Erde, das atlantische und das stille Meer, dem Monde Licht reflectiren, das minder intensiv ist wie jenes, welches von den Berglandschaften Mittelasiens zurückgestrahlt wird. Die nämliche Bemerkung hatte früher auch schon Galilei gemacht. Lambert hat in den Abhandlungen der Berliner Akademie eine Beobachtung veröffentlicht, deren Wichtigkeit eine Zeit lang über Gebühr hervorgehoben worden ist. Am 14. Februar 1774 bemerkte jener Physiker, als er den Mond mit einem kleinen Fernrohre bei siebenmaliger Vergrösserung betrachtete, dass das secundäre Licht, weit entfernt aschfarben zu sein, vielmehr von olivengrüner Färbung war. Der Mond stand damals senkrecht über dem atlantischen Oceane, während sich die Sonne im Zenith des südlichen Theiles von Peru befand. „Damals," so sagt Lambert, „verbreitete also die Sonne ihren grössten Glanz über Südamerika, und wenn nirgend Wolken hinderlich waren, so musste dieses grosse Festland dem Monde grünliche Strahlen in solcher Menge zusenden, um denjenigen Theil seiner Oberfläche, der nicht vom directen Sonnenlichte getroffen wurde, in dieser Farbe erscheinen zu lassen. — So kann es wohl geschehen, dass die Erde von den Planeten aus gesehen, etwas grünlich erscheint." Schon Arago hat Zweifel gegen diese Erklärung erhoben. Mit verschiedenen nicht achromatischen Nachtfernrohren, sah er deutlich einen olivengrünen Schimmer; ein achromatisches Instrument zeigte den grünlichen Ton weniger bestimmt. Arago ist zu der Annahme geneigt, dass die grünliche Färbung nur Contrastwirkung sei, hervorgerufen durch die rothe oder orangerothe Farbe, die man bei nicht achromatischen Ferngläsern auf dem von der Sonne beschienenen Theile der Mondscheibe und am Rande der dunkeln Flecke wahrnimmt. Möglicherweise habe auch die blaugrüne Färbung der Atmosphäre einigen Antheil an der Erscheinung, doch hält Arago seine Erklärung noch keineswegs für unanfechtbar. Mehrjährige aufmerksame Verfolgung der Erscheinung, hat mich zu dem Resultate geführt, dass das secundäre Mondlicht recht uneigentlich als aschgrau bezeichnet wird; es ist vielmehr graugrün, und die Farbe, welche Lambert für eine ausnahmsweise hielt, ist die gewöhnliche. Da man das Phänomen bei aufmerksamer Beobachtung auch in vollkommen achromatischen Fernrohren erblickt, und ich auch dann selbst die graugrüne Farbe erkannt habe, wenn die leuchtende Mondsichel durch einen undurchsichtigen Gegenstand im Focus des Fernrohres verdeckt wurde, so bleibt kein Zweifel darüber, dass die Farbe keineswegs blosse Contrastwirkung ist. Es bietet sich nur die Alternative: entweder ist das reflectirte Erdlicht an und für sich

Digitized by Google

grünlichweiss, oder jener olivengrüne Ton des secundären Mondlichtes wird durch unsere Atmosphäre hervorgebracht. Wenn man bemerkt, dass das secundäre Licht der Venus ebenfalls eine grünliche Nuance besitzt, während es nicht durch reflectirtes Erdlicht erzeugt wird, so gewinnt die Ansicht, jener schwache Stich ins Grünliche entstehe durch unsere Atmosphäre, eine neue Stütze. Nicht sowohl die helle Mondsichel, wie Arago glaubte, sondern vielmehr der bläuliche Grund unserer Atmosphäre ist Ursache der olivengrünen Beimischung des secundären Mondlichtes. Eine Eigenthümlichkeit, die ich beständig beobachtet habe, ist die, dass der Rand heller als die Mitte des dunkeln Theiles der Mondscheibe erscheint. Diese Thatsache würde mit den photometrischen Gesetzen unvereinbar sein, wenn man nicht bemerkte, dass überhaupt der Mondrand durchgängig heller ist, als innere Theile der Scheibe, wo sich mehr dunkle Flecke befinden.

Da das secundäre Mondlicht nur reflectirtes Erdenlicht ist, so muss seine Intensität neben der Grösse der Erdphase auch davon abhängen, welcher Grad von Diaphanität der Atmosphäre, im Mittel auf der dem Monde zugewandten Hemisphäre herrscht. So könnten uns, wie Arago bemerkt, photometrische Beobachtungen des aschfarbenen Lichtes, den mittlern Diaphanitätszustand unserer Atmosphäre kennen lehren. Freilich hängt die Verwirklichung dieser in der Theorie ganz richtigen Folgerung, neben der Vervollkommnung der photometrischen Hülfsmittel wesentlich davon ab, ob jene im secundären Mondlichte sich widerspiegelnden Veränderungen, auch diejenige Grenze erreichen, innerhalb deren wir Helligkeitsunterschiede noch mit Sicherheit erkennen können. —

Wenden wir uns nun zur speciellen Betrachtung der Mondoberfläche, so erblicken wir hier auf den ersten Blick grosse, meist zusammenhängende Flächen von dunklerer Färbung, während andere mehr oder minder hell und glänzend erscheinen. Die ersten Mondbeobachter, besonders Kepler, hielten jene grauen Flächen für Meere, die hellen für Festlandtheile, eine Ansicht, die freilich schon Hevel bezweifelte und die in der That allein aus dem Grunde unhaltbar ist, weil bei hinreichenden Vergrösserungen jene dunkeln Flächen durchaus uneben erscheinen. Sind sie auch im Allgemeinen als die am meisten ebenen Theile der Mondscheibe anzusehen, so darf man doch nicht vergessen, dass man auch bisweilen helle Ebenen und dunkle Gebirgslandschaften antrifft.

Dem Areale nach bedecken die dunkeln Flecke ungefähr $^4/_{10}$ der Mondscheibe; sie zeigen sich vorzugsweise im nordöstlichen Theile, hier häufig inselartig von kleinen hellen Parthieen unterbrochen. Wenn der gewaltige Oceanus procellarum (90 000 Q.-M.) auf der Osthälfte des Mondes, ganz an unsern stillen Ocean erinnert, so erinnern auf der westlichen Mondhälfte die zusammenhängenden mare serenitatis, mare tranquillitatis, mare foecunditatis, mare nectaris, durch ihre grosse Längenerstreckung bei verhältnissmässig geringer Breite, ganz an das atlantische Meer. Die

Digitized by Google

Phantasie verweilt gern bei solchen Analogien der Configuration, als zufälligen Resultaten der gestaltenden Kräfte.

In jenen Gebilden spiegelt sich schon mehr oder minder deutlich die allgemeine Kreisform ab, die wir auf dem Monde so häufig antreffen. Das mare crisium ist ein fast vollständiger Kreis, auch das mare serenitatis nur wenig elliptisch und die abweichende Gestalt des mare foecunditatis ist zum Theil Folge der Projection. Die Intensität der grauen Farbe der Flächen, ist am intensivsten bei den Wallebenen Endymion und Grimaldi.

Die universale Gebirgsform des Mondes stellt sich uns je nach der Grösse in drei verschiedenen Specialitäten dar; als Wallebene, wenn sie, wie bei Grimaldi und Endymion, eine grosse, meist ebene Fläche umschliesst, als Ringgebirge bei kleineren Dimensionen, und als Krater und Gruben bei den kleinsten Gebilden dieser Art.

Betrachtet man die Vertheilung der Wallebenen und besonders der Ringgebirge, so findet man sofort, dass sie ungleich häufiger in den südlichen, überhaupt den hellen Regionen der Mondscheibe vorkommen, als in den dunkeln Flächen. Wo sie sich in diesen letzteren finden, ist das Innere der bergumschlossenen Landschaft meist heller als die Umgebung, wie bei Marius und Maskelyne, manche Gebilde erscheinen aber auch innerhalb der Umwallung dunkler, so Piazzi, Sharp, Plato u. s. w. Solches beweist, dass bei Entstehung der Ringgebirge die erzeugenden Kräfte gleichwie auf unserer Erde mannigfach umwandelnd und modificirend auf die Stoffverschiedenheit gewirkt haben.

Nach Mädler sind die Wallebenen als solche älter wie die Ringgebirge. Bei diesen letzteren haben die umgebenden Wälle häufig allenthalben fast gleiche Höhe und steigen nur in sehr seltenen Fällen steil empor, während ihnen meist ein System von Terrassen vorgelagert erscheint, die nicht selten mit anderen bergrückenartigen Erhöhungen durch Ausläufer in Verbindung stehen. Auch nach Innen fällt das Gebirge allmählich ab; bisweilen laufen kleine Ketten mit einzelnen Kuppen dem äussern Walle eine Strecke weit parallel. Nur in den allerseltensten Fällen, vielleicht sogar niemals, ist die innere Fläche ganz und gar kesselförmig. In den meisten Fällen findet sich hier ein kleines Centralgebirge oder ein einzelner pickförmiger Berg, eine abgerundete Kuppe.

Nach Mädler erhebt sich der Centralberg niemals bis zur Höhe des umgebenden Walles; die aussen angrenzenden Ebenen liegen häufig noch höher als die Spitze des Centralberges. Diese Bemerkung ist durch die zahlreicheren Beobachtungen Schmidt's vollkommen bestätigt worden.

Die Höhe des Centralberges steht durchaus in keinem Zusammenhange mit der Höhe des Walles. Im Copernicus ist der Centralberg 2478′, der Wall 10 584′ hoch, bei Cassini sind diese Grössen resp. 3870′ und 4098′. Aehnlicher Beispiele lassen sich noch mehrere anführen. Schröter hat untersucht, ob das Volum der innern Aushöhlung der Ringgebirge, dem Volum der Umwallung wohl gleich sei und fand dies bei Reinhold bis auf etwa $^1/_4$, bei Theätetus bis auf $^1/_5$, bei Manilius bis auf $^1/_{28}$

Digitized by Google

bestätigt. Bei dem Ringgebirge Euler ist die innere Höhlung doppelt so gross an Volum wie der Wall. Schröter schloss aus seinen (übrigens nur sehr rohen) Untersuchungen, dass die Ringwälle durch Eruption von Innen heraus, also nicht durch „Hebung" entstanden seien.

Betrachtet man die Wälle mit hinreichenden Vergrösserungen, so erscheinen sie keineswegs monoton, sondern mit höheren und niedrigeren Kuppen besetzt und durch Querthäler und Schluchten unterbrochen. Andere Stellen zeigen Unregelmässigkeiten, die auf spätere Zertrümmerung schliessen lassen. Kleinere Krater auf den Wällen oder im Innern des Ringgebirgs sind nicht selten; oft finden sich mehrere in unmittelbarer Nähe beisammenstehend.

Die allgemeine Form der Ringgebirge erleidet bei einigen dieser Gebilde insofern Abweichungen, als ein Theil der Umwallung fehlt und die Landschaft nur an einigen Seiten geschlossen ist. So z. B. Fracastor, eine hufeisenförmige, nach Innen steil abfallende, von 8000′ hohen Bergen umgebene Landschaft. Ein ähnliches Beispiel bietet Letronne mit einer Bergumkränzung, die 3000′ Höhe erreicht. Der Sinus Iridum ist ein Gebilde dieser Art in vergrössertem Maassstabe. Es ist bemerkenswerth, dass diese meerbusenartigen Gebilde ihre offene Seite immer einem mare zukehren.

Eine andere secundäre Form bietet sich uns in den doppelten Ringgebirgen dar, die einen Wall gemeinsam haben, wie z. B. Sirsalis. Einzelne grössere Ringgebirge sind dicht neben ihrem Hauptwalle von einem kleineren begrenzt, wie z. B. Petavius. Bei der sehr merkwürdigen Landschaft Gassendi, ist das nördlich sich anschliessende kleinere, aber sehr tiefe Ringgebirge, durch eine zerklüftete Bergmasse von dem Hauptringgebirge getrennt.

Bezüglich der Plastik des Terrains ist es ein bemerkenswerthes Factum, dass in nicht wenigen Fällen der innere Boden oder Kessel eines Ringgebirges noch immer beträchtlich höher als die äussere Umgebung liegt. Bei Vitello, einem äusserst merkwürdigen Ringgebirge, das um seinen Centralberg noch eine secundäre Umwallung besitzt, beträgt nach Schmidt die Höhe des Nordostwalles über dem mare humorum 4356′, während die Höhe des Walles über der innern Fläche, nach Mädler zu nur 2400′ geschätzt werden kann. Die innere, secundäre Umwallung des Centralberges ist niedriger als dieser, dessen Höhe Schröter zu 1590′ angibt. Nach den Untersuchungen von Schmidt liegt der innere Boden des Mersenius wenigstens 3000′ höher als das mare humorum, und ebensoviel tiefer als die östliche Ebene. Dieser Boden ist blasenartig aufgetrieben. Ein Messungsversuch gab dem Athener Astronomen die Ueberzeugung, dass die Region der inneren kleinen Krater fast 1500′ höher liegt, als der Fuss der östlichen inneren Terrassen. Für Mersenius *a* ergaben zwei Messungen von Schmidt in Mittel 6330′ Höhe über der Tiefe und 13 020′ Höhe über dem mare humorum, so dass also der innere Boden 6000′ über dem mare liegt. Bei Gassendi, dessen Westwall nach

Digitized by Google

Schmidt 5370′ erreicht, liegt die innere Fläche 1800′ über der äussern. Dagegen reicht der Kraterboden des Aristarch nach Mädler volle 4572′ unter das Niveau der anstossenden Ebene, und der Boden des Herodot liegt auch noch tiefer als diese, da er nur 2400′ höher als der des Aristarch ansteigt.

Mit solchen abnormen Niveauverhältnissen vergleicht man gern diejenigen der wenigen analogen irdischen Gebilde, wo z. B. der Boden des böhmischen Bergkessels im Mittel keine 500′ über der nördlichen flachen Umgebung liegt.

Die Krater finden sich, bald isolirt, bald mehrere zusammen, besonders im südlichen Theile des Mondes in ungeheurer Anzahl. Sie sind natürlich von verschiedener Grösse: den Uebergang zu den kleinen Ringgebirgen bezeichnend, bis zu den kleinsten Objecten, die noch überhaupt für ein sehr starkes Fernrohr bei günstigem Schattenwurfe sichtbar werden. Ihre Tiefe ist durchgängig bedeutend. Häufig zeigen sie sich in Reihen geordnet, nach Mädler findet man selbst 10 bis 12 perlschnurartig hintereinanderstehend. Bisweilen ist die Umwallung an einer Seite gesprengt, und es führt eine Art von Thor zum Krater. Der kleine Krater ψ zwischen Ramsden und Campanus hat einen, sein Inneres fast ausfüllenden secundären Krater, ebenso nach Schmidt, wie in dem eingreifenden Wallkrater des Hesiod.

Neben den bis jetzt genannten Gebirgsformationen, treten ziemlich vereinzelt auch Gebirgsysteme auf, die mit denjenigen unserer Erde eine grössere Aehnlichkeit haben, wenn ihnen freilich die Verzweigung, die wir hier durchgehends wahrnehmen, abgeht. Solche Bergketten sind: das Altaigebirge, mit einer grössten Erhebung von 12 459′, die Cordilleren bis zu 11 700′ ansteigend, der Hämus mit Höhen von 6222′, die mächtige Apenninenkette im Hüygens 16 934′ Höhe erreichend, der Kaukasus ebenfalls mit Gipfeln von 17 000′ Höhe. Dagegen erreicht das Taurusgebirge nur 8500′, das massige System der Karpathen bloss 6000′. Die höchsten Höhen der Mondalpen haben 11 136′, diejenigen der Pyrenäen 11 200′, während die Hercynischen Berge am Ostrande des Mondes keine 3600′ erreichen.

Die Frage nach den höchsten Bergerhebungen auf dem Monde lässt sich nicht unbedingt beantworten. Da es an einer allgemeinen mittlern Niveaulinie fehlt, wie sie auf unserm Planeten die ruhige Oberfläche des Meeres darbietet, so können die Höhen dort nur auf die nächste Umgebung bezogen werden und sind folglich relative. Auch fehlt es noch sehr an wirklich genauen Bestimmungen dieser Art. Schmidt in Athen, der mehr Messungen von Mondbergen ausgeführt hat, als alle übrigen Beobachter zusammengenommen, findet den von Mädler mit δ bezeichneten Hochgipfel auf dem Nordostwalle des Curtius nach einer Discussion von 80 Messungen 27 186′ hoch, mit einer Unsicherheit von ± 1608′. Mädler gibt die grösste Höhe hier zu 20 898′ an. Ein kuppelförmiger Berg am Südpole des Mondes ward von Schmidt zu 26 628′ gemessen und der-

Digitized by Google

selbe Astronom bemerkt, dass, wenn man beachtet, wie zahlreiche und sichere Messungen die Tiefen der Kraterbecken des Theophilus und Copernicus zu 9600 bis 10 200 pariser Fuss ergeben, die Behauptung, es existirten auf dem Monde absolute Höhenunterschiede von 36 000 pariser Fuss, nicht übertrieben erscheine.

Bei Mädler finden sich folgende Höhenpunkte, die 18 000′ übersteigen:

Dörfel und Leibnitz	. . . . .	22 800	par. Fuss
Ringgebirge Newton	. . . . .	22 362	„
„ Casatus	. . . . .	21 420	„
„ Curtius	. . . . .	20 898	„
„ Callippus	. . . . .	19 140	„
„ Tycho	. . . . .	18 500	„

Nach den Messungen von Schmidt steigt auch Short bis zu 18 000′ an, wogegen Calippus um 1000′ niedriger anzunehmen wäre. Mit solchen enormen Höhen correspondiren auch die Durchmesser der Ringgebirge. So beträgt der Durchmesser von:

Clavius	30,6	geogr.	Meilen	und	die	höchste	Erhebung 15 792′
Ptolemäus	24,9	„	„	„	„	„	„ 7 400
Scheiner	15,4	„	„	„	„	„	„ 15 500
Fabricius	12,0	„	„	„	„	„	„ 7 800
Atlas	12,0	„	„	„	„	„	„ 10 261
Copernicus	12,0	„	„	„	„	„	„ 10 584
Tycho	11,7	„	„	„	„	„	„ 18 000
Aristoteles	11,0	„	„	„	„	„	„ 10 000
Archimedes	10,8	„	„	„	„	„	„ 5 000
Werner	9,7	„	„	„	„	„	„ 14 658
Abulfeda	8,5	„	„	„	„	„	„ 9 600
Plinius	7,0	„	„	„	„	„	„ 4 000

Die Bildungen der Mondoberfläche deuten unstreitig auf vulcanische Thätigkeit und zwar von solcher Intensität, wie wir dieselbe auf der Erde nicht kennen. Wenn man mit Recht hervorgehoben hat, dass man die ganze Erdoberfläche geologisch beschreiben kann und dabei der Vulcane nicht zu gedenken braucht, ohne dadurch etwas für das Allgemeine besonders Wichtiges übersehen zu haben, so kann man von der Mondoberfläche kaum sprechen, ohne der vulcanischen Thätigkeit zu gedenken, welche dieselbe gestaltet hat, wie wir sie heute erblicken. In der That treten alle Revolutionen, welche unser Erdball mit Gewissheit durchgemacht hat, gar sehr zurück gegen diejenigen, welche sich auf der Mondoberfläche ereignet haben, und wir besitzen an letzterer ein schlagendes Beispiel, dass die individuelle Entwicklung zweier, sehr nahe verwandter Weltkörper, gänzlich verschieden sein kann.

Sehr natürlich führen derartige Betrachtungen zu der Frage, ob sich

Digitized by Google

auf der Mondoberfläche noch gegenwärtig Veränderungen ereignen? Es hat mir immer sonderbar geschienen, dass man diese Frage von einseitig astronomischem Standpunkte aus, beharrlich verneint hat. Wenn auf dem Monde dieselben Grundstoffe existiren wie auf der Erde — und hieran kann man wohl im Allgemeinen nicht zweifeln —, so darf man als feststehend annehmen, dass auch dort die anorganische Materie ähnlichen Wandlungen unterliegt, als wir hier an derselben wahrnehmen. Geht man die Annalen der wissenschaftlichen Forschung durch, so findet man eine nicht geringe Anzahl von Beobachtern, die Veränderungen auf der Mondoberfläche wollen bemerkt haben. Schon Hevel sprach die Ansicht aus, Aristarch sei ein noch thätiger Vulcan, aber Lahire bemerkte 1706, dass der Fleck, sobald er sich am Schattenrande befindet, durch Nichts vor den anderen ausgezeichnet ist. Louville behauptete am 3. Mai 1715 auf der Oberfläche des Mondes intermittirende Blitze bemerkt zu haben, und war der Ansicht, es habe daselbst ein Gewitter stattgefunden. Aber die scheinbare Ausdehnung jener Blitze, vom Ostrande des Mondes bis fast zur Mitte der Scheibe, macht es wahrscheinlich, dass es sich hier nur um ein Phänomen unserer eigenen Atmosphäre handelt, dessen genetische Deutung nicht eben schwer sein dürfte. Aehnliches gilt von dem Lichtpunkte, den Ulloa gelegentlich der Sonnenfinsterniss von 1778 wahrgenommen haben will. Im April 1787 kündigte Herschel an, dass er am 18. jenes Monats drei feuerspeiende Berge auf dem Monde in voller Thätigkeit gesehen habe. Aehnliches wurde von demselben grossen Beobachter schon am 4. Mai 1783 bemerkt. Schliesslich sah er am 22. October 1790 auf der Scheibe des total verfinsterten Mondes 150 rothe, leuchtende Punkte. Am 27. December 1857 erblickte Hart in Glasgow mit einem zehnzölligen Reflector auf dem hellen Theile der Mondscheibe zwei leuchtende Punkte von flammengelber Farbe an jeder Seite eines Bergkammes. Das Phänomen dauerte fünf Stunden und der Beobachter hält es für entschieden vulcanisch.

Man weiss gegenwärtig, dass helle Punkte, die sich im Vollmonde durch ein sehr intensives Licht auszeichnen, so besonders die Mondflecke Aristarch, Copernicus, Kepler, aus dem nämlichen Grunde, d. h. wegen ihrer starken Reflexionsfähigkeit, auch in des Mondes Nachtseite merklich hervortreten, wenn bloss der schwache Schein auf sie fällt, den die Erde ihnen zusendet. Diese seit einer Reihe von Jahren allgemein adoptirte Erklärung der Herschel'schen Mondvulcane liesse sich mittels des Zöllner'schen Photometers direct prüfen. In der That müssen die hellen Punkte bei gleicher Libration beständig die nämliche relative Helligkeit besitzen, mögen sie in directem Sonnen- oder reflectirtem Erdlichte glänzen.

Im Jahre 1774 am 25. Juli nach Mitternacht, sah C. G. Eysenhardt, zwei Stunden lang mit vier-, sieben- und zwölffüssigen Teleskopen, ein merkwürdiges Unduliren der Lichtgrenze im mare crisium, gleichsam als wenn ein helles Fluidum in den dunklen Theil des Mondes hinein- und wieder zurückfliesse.

Digitized by Google

Im Jahre 1788 am 27. August fand Schröter einen Krater in der Nähe der Wallebene Hevelius, von dem er sich fest überzeugt hielt, dass er früher hier nicht existirt habe. Im mare crisium erblickte derselbe Beobachter einen häufig als länglich erkannten Berg, gelegentlich vollkommen rund und mit einem $^3/_4$ Meile breiten Krater versehen. Das Gebilde erhielt sich so einen Monat hindurch; später gelang es dem Lilienthaler Beobachter nicht wieder, den Krater zu sehen und er schloss, dass derselbe nicht mehr vorhanden sei. Die Entstehung eines ähnlichen Kraters von $1^1/_2$ Meilen Durchmesser, will derselbe Astronom südwestlich vom Plato nach einer voraufgegangenen hellen Lichterscheinung wahrgenommen haben. Im Jahre 1787 sahen Villeneuve und Nouet bei dem Flecke Heraclides in der Nachtseite des Mondes einen hellen Punkt während 6 Min. abwechselnd an Helligkeit zu- und abnehmen. Aehnliches will auch Piazzi verschiedene Male wahrgenommen haben.

Die Beobachtung Schröter's vom 15. October 1789, wo dieser Astronom in mare imbrium mehrere Lichtfunken von sehr schneller Bewegung erblickte, wurde schon von Gruithuysen auf ein gewöhnliches Sternschnuppenphänomen gedeutet, das sich optisch auf der Mondscheibe projicirte; allein die eigenen Wahrnehmungen des letztgenannten Beobachters sind ohne alle Kritik. Beweis hierzu u. A. der wolkenartige Gegenstand, den Gruithuysen im Mersenius gesehen haben will und das angebliche Festungswerk mit Sternschanzen etc., das sich bei Mädler's Untersuchung im Berliner Refractor, als ein System von Thälern, die durch Parallelketten geschieden sind, auswies.

Lohrmann, Beer und Mädler versichern, niemals eine wirkliche Veränderung auf der Mondscheibe bemerkt zu haben. Alle Phänomene dieser Art seien nur scheinbare, hervorgerufen durch verschiedene Beleuchtung und Libration des Mondes; dann seien auch die angeblichen neuen Objecte ohne Ausnahme Minima der Sichtbarkeit, die während ganzer Lunationen überhaupt nur wenige Stunden für uns sichtbar seien, niemals habe man einen uns überhaupt gut zu Gesichte kommenden Gegenstand verändert gefunden. Diese Schlüsse, denen man in speciellen Fällen gewiss nur beipflichten muss, sind nichtsdestoweniger in der Verallgemeinerung, die man ihnen von verschiedenen Seiten gegeben hat, unhaltbar. Die Wahrscheinlichkeit sehr grosser Revolutionen auf der Mondscheibe, ist für die Gegenwart eine geringe. Die grössten Naturereignisse der Neuzeit auf unserer Erde: die Aufschüttung des Jorullo, die vulcanischen Eruptionen bei Santorin, dürften sicherlich einem Beobachter auf dem Monde entgangen sein, wenn er die nämlichen Hülfsmittel besessen, die unseren Astronomen in den betreffenden Epochen zu Gebote standen. Es ist nicht gestattet, aus Beobachtungen, die sich nur auf die allgemeine Configuration der Mondscheibe bezogen und kaum ein paar Decennien umfassen, solche allgemeine Schlüsse ziehen zu wollen, wie sie eben angeführt wurden.

Schmidt in Athen hat im October 1866 zuerst die merkwürdige

Digitized by Google

Wahrnehmung gemacht, dass der Krater Linné nicht mehr in der alten Form vorhanden war. Der Beobachter bemerkt: „Zur Zeit der Arbeiten Lohrmann's und Mädler's, 1822 bis 1832, war Linné ein mehr als 5000 Toisen breiter und sehr tiefer Krater, deutlich als solcher sichtbar, wenn er der Phase nahe, mehr oder weniger beschattet sein musste. Er war der drittgrösste im mare serenitatis, ward von Schröter und 1841 bis 1843 auch von mir gesehen und gezeichnet. Wenigstens seit dem 16. October 1866 kann die Kratergestalt des Linné zur Zeit schräger Beleuchtung durchaus nicht wahrgenommen werden. Der Athener Refractor zeigt im Innern jener Figur zuweilen einen feinen schwarzen Punkt von 300 Toisen Durchmesser. Es ist unmöglich, dass Lohrmann und Mädler den Linné als scharfen Krater zeichneten und ihn sogar als Fixpunkt erster Ordnung auswählten, wenn er damals den jetzigen Charakter gehabt hätte. Bei hoher Beleuchtung ist Linné immer als Lichtfleck sichtbar und war so gewiss seit mehr als 20 Jahren gesehen worden." Nach Bekanntwerden der Schmidt'schen Wahrnehmungen habe ich wiederholt nach dem Krater gesucht und selbst dann einen hellen Fleck wahrgenommen, wenn die nebenan liegenden Krater deutlichen Schattenwurf zeigten. Secchi sah in seinem grossen Instrumente den Linné bei günstiger Lage der Lichtgrenze deutlich als kleinen erhöhten Punkt, auch erblickte er mit Mühe einen kleinen Schatten. Der römische Astronom hält sich ebenfalls überzeugt, dass das Gebilde eine Veränderung erlitten habe. Dagegen lässt R. Wolf diese Frage noch unbestimmt und findet die Beweiskraft allein darin, dass Schmidt früher den Krater deutlicher als jetzt gesehen habe. Man sieht, es sind kaum die Grundlagen zu einer genauen Kenntniss des Mondes geliefert.

Schmidt hat sämmtliche Erklärungen, welche man von dem Factum geben kann, einer eingehenden Discussion unterzogen. Hiernach ist eine Dampf- oder Ascheneruption unwahrscheinlich, weil sonst ein Schatten der Fumarole, welche für unsern Anblick den Krater bedeckt, sichtbar sein müsse, was nicht der Fall ist. Wäre der Krater im Boden versunken, so müsste an seiner Stelle eine grössere Oeffnung vorhanden sein und ihr Schatten in der Phase sichtbar werden; wäre die Umwallung des Kraters zertrümmert, so müssten die Trümmer Schatten werfen; wäre der Krater nur bis zum Rande mit einem Eruptionsproducte angefüllt, so müsste der Wall nach Aussen Schatten werfen. Das ist die von Schröter 1790 am Centralkrater des Posidonius, von Schmidt an demselben Objecte im Februar 1849 gesehene Erscheinung. Wenn aber derartige Eruptionsproducte über den Rand des Kraters ausfliessen und den Abhang mit allmählicher Neigung ausfüllen, so hört aller Schattenwurf nach Aussen auf und es treten die Erscheinungen ein, die man in der That beim Linné betrachtet. Dieser Vorgang findet auf der Erde ein Analogon in den von Abich so genau beschriebenen Schlammvulcanen der Halbinsel Taman. Die Verbreitung der über den Rand abgeflossenen hellen Masse in der dunklen Ebene, gibt Anlass zur Entstehung von brei-

Digitized by Google

ten, kragenartigen, einem Halo ähnlichen Gebilden, und solche sind auf dem Monde, besonders in den Maren sehr häufig.

Die neuesten Beobachtungen von Schmidt scheinen anzudeuten, dass die beim Linné vor sich gehenden Revolutionen noch keineswegs beendet sind. Namentlich bei einer Beobachtung am 10. Mai 1867 zwischen 6 und 10 Uhr Abends, wo die Lichtgrenze bei abnehmender Phase schon den Calippus und Kaukasus erreicht hatte, stellte sich Linné als ein ansehnlicher, heller, schattenwerfender Hügel von 500 Toisen Durchmesser und 80 bis 90 Toisen Höhe, in einer Deutlichkeit dar, wie er seit October 1866 niemals erschienen war. Am 26. Juni 1868, als die Lichtgrenze des zunehmenden Mondes auf dem Ostrande des mare serenitatis lag, erblickte ich bei ungemein günstiger Luft die Umgebung des Linné in nie gesehener Deutlichkeit. Der Berg erschien nicht als Krater, sondern vielmehr glockenförmig in einer Weise, dass ich ihn am ehesten mit dem durch L. v. Buch's Forschungen so berühmt gewordenen Sarcoui oder dem Puy de Dôme vergleichen möchte. Linné erhob sich einsam und in ziemlicher Steilheit aus der grossen grauen Ebene. Auf seinem Gipfel war von Zeit zu Zeit ein ungemein kleiner Krater sichtbar. Nimmt man den Winkeldurchmesser desselben zu $^1/_2$" an, so folgt daraus ein wahrer Durchmesser von etwa 430 Toisen. Das ist $^1/_9$ von dem Durchmesser des einst als „Erhebungs-Krater" beschriebenen Kraters von Palma, aber sieben mal mehr als der Durchmesser des Vesuv-Kraters. Westlich vom Fusse des Linné zeigten sich Spuren eines kleinen Hügels. —

Ganz neuerdings hat der unermüdliche Director der Sternwarte in Athen eine neue Mondregion gefunden, in welcher er das Verschwinden eines ehemaligen Kraters zu constatiren vermochte. Unter 12° östl. L. und 14° südl. selenogr. Breite befindet sich, der Mädler'schen Karte zufolge, ein Krater von einer Meile Durchmesser, in der Nähe ein anderer kleiner Krater. Letzterer ist noch vorhanden, der Erstere aber verschwunden und an seiner Stelle ein mehr als 2 Meilen breiter Lichtfleck.

Von den oben entwickelten Gesichtspunkten aus wird man die hellen Streifen erklären müssen, die bei den strahlenden Ringgebirgen im Vollmonde sehr intensiv hervortreten. Als solche, als strahlende Ringgebirge sind zu nennen: Tycho, dessen Strahlen bei günstiger Libration den vierten Theil der Mondscheibe bedecken, Anaxagoras, Aristarch, Olbers, Kepler, Copernicus, Proclus und Byrgius. Die lichten Streifen wechseln in der Breite zwischen 0,2 und 4 Meilen und ziehen in grosser Anzahl und weiter Ausdehnung über Berg und Thal, ohne durch deren Configuration ihre Richtung und Gestalt wesentlich zu ändern. Weniger hervortretende Gebilde dieser Art trifft man allenthalben in den grossen grauen Flächen an; sie laufen ohne Ausnahme von einem Ringgebirge oder wenigstens einem Krater aus. Bisweilen auch vereinigen sich mehrere solcher feinen Adern und bilden einen hellen Fleck, der übrigens keine Erhöhung oder doch nur eine so geringe ist, dass sein Schatten uns nicht sichtbar wird. Alle diese Streifensysteme sind nur im Voll-

Digitized by Google

monde genau zu sehen, wenn die Ringgebirge selbst am wenigsten deutlich oder gar nicht sichtbar sind. Sie sind also keineswegs Erhöhungen über dem Terrain und ebensowenig Vertiefungen. Mädler glaubt, dass bei Bildung der Mondoberfläche erhitzte Gasströme unter dem Boden fortstrichen und seine Reflexionsfähigkeit veränderten. Nach einer derartigen Umwandlung, behielt er die angenommene Structur auch bei späteren Umwälzungen. Diese Erklärung ist gewiss jener vorzuziehen, welche in den hellen Streifen eine Art erratischer Blöcke sieht. Dagegen lässt sich gegenwärtig nicht bestreiten, dass auch unseren Lavaströmen vergleichbare Eruptionsproducte, wenigstens zum Theil, bei Bildung jener Streifen mit betheiligt sind. Nasmyth vergleicht das Aussehen des Tycho und der von ihm divergirenden Strahlen, mit den sternartig radiirenden Sprüngen, die man häufig an Glasscheiben findet, wenn sie von einem Steine oder einer Kugel durchbohrt worden sind. Wenn aber in Wirklichkeit jene Strahlen Bodenrisse wären, so würde ihnen bei 4 Meilen Durchmesser wohl auch eine ansehnliche Tiefe zukommen, wovon aber keine Spur wahrzunehmen ist. Wir begegnen aller Wahrscheinlichkeit nach in jenen Lichtstreifen metamorphosirtem Gestein. Die Spuren von Schichtenbildung, welche Schröter und Herschel bei Arzachel, Hercules, Agrippa und einigen anderen Ringgebirgen wollen wahrgenommen haben, sind aber gewiss nur Täuschungen.

Noch eine eigenthümliche Erscheinung zeigt die Mondoberfläche, für welche wir auf der Erde kein Analogon besitzen, die sogenannten Rillen, jene schmalen, durchgängig geradlinigten Vertiefungen ohne ausgezeichnete Anfangs- oder Endpunkte, deren Länge bis zu 25 Meilen beträgt. Die beiden auffallendsten, bei Hyginus und Ariadäus entdeckte Schröter, die erste am 5. December 1788. Später fand er noch etliche, bis zum Jahre 1801 im Ganzen 11 auf. Lohrmann entdeckte zwischen 1823 und 1827 75, hierauf Mädler von 1832 bis 1841 55, und schliesslich Schmidt in den Jahren 1842 bis 1865 nicht weniger als 278; zählt man hierzu die 6 von Kinan 1847 bis 1848 aufgefundenen, so beläuft sich die Gesammtzahl derselben gegenwärtig auf 425. Doch sind hierbei viele Uebergangsformen nicht mitgezählt und ausserdem hat Schmidt seit dem Februar 1865 noch eine Anzahl neuer Rillen aufgefunden, das Detail der Beobachtungen aber noch nicht veröffentlicht. Das Vorkommen der Rillen scheint zwar an keine bestimmte selenographische Oertlichkeit gebunden zu sein, aber es ist bemerkenswerth, dass sie den eigentlichen Hochgebirgen fehlen. In den Phasen zeigen sie sich häufig als schwarze Linien, da man dann gewöhnlich den Schatten des einen Randes in der Tiefe erblickt und ein bemerklicher Wall fehlt; im Vollmonde erblickt man sie meist als feine helle Linien. Die Breite dieser Gebilde überschreitet nie 1000 Toisen, meist ist sie weit geringer. Obgleich sie im Allgemeinen allenthalben gleiche Breite besitzen, erweitern sie sich gelegentlich zu kraterartigen Gebilden; nach Mädler erscheint eine derartige Rille bisweilen als eine Reihe kleiner Krater, deren Wälle Oeffnungen aus einer Tiefe in die

Digitized by Google

andere freilassen. Derselbe Astronom hat durch eine Beobachtung am 12. März 1832 constatirt, dass die Rille des Hyginus den Wall des gleichnamigen Kraters gesprengt hat und sein Inneres mit erhöhten Rändern durchzieht. Sie ist folglich jüngern Ursprungs als der Krater.

Aus Allem geht hervor, dass wir in den Rillen nur Naturproducte vor uns haben, dass sie aber keineswegs Flüsse sein können, schon weil sie über Berg und Thal fortziehen. Die Mondbeobachter haben indess gezögert, eine Erklärung der Rillen zu geben. Nach Mädler's Ansicht gehören die Rillen zu den jüngsten Gebilden der Mondoberfläche, aber das, was dieser Beobachter im Vereine mit Beer über die Entstehung der Rillen sagt, contrastirt wegen seiner Unbestimmtheit gar sehr mit den sonstigen präcisen Darstellungen beider Selenographen.

Wenn man alles zusammenfasst, was bisher von den Rillen bekannt ist und wenn ich mir den Anblick, den einzelne derselben mir geboten, vergegenwärtige, so sehe ich in der That nicht, was der Hypothese entgegenstände, die in den Rillen einfach Risse der Mondoberfläche, entstanden theilweise durch Contraction der Massen, erblickt, wie wir in sehr viel kleineren Verhältnissen dasselbe in der heissen Jahreszeit auf der Erde sehen, wenn der Boden in Folge der Dürre auseinanderklafft. Solche Bodenspaltungen werden auf unserm Planeten auch durch Erdbeben veranlasst und es ist klar, dass auf dem Monde verticale Bodenstösse leicht ähnliche Erscheinungen in grösserm Maasse hervorbringen dürften. Dem steht keineswegs entgegen, dass einzelne Rillen Krater und Wälle gesprengt haben, dies möchte viel eher für diese Theorie sprechen. Schmidt ist der Ansicht, dass kräftigere Instrumente dereinst nachweisen werden, dass die meisten Rillen ganz oder theilweise die Form aneinandergereihter, mit einander durch Walldurchbrüche in Verbindung stehender Kraterreihen besitzen, wie die Rille *d* östlich vom Campanus, und dass diese Rillen nur als Eruptionsphänomene aufzufassen sind. Besonders schön sieht man nach Schmidt das Auftreten der Kraterform in und auf den Rillen, am Hyginus, an der Rille des Römer und in den jüngst erst entdeckten Rillen des Furnerius, Messala und Atlas. Die grosse Zahl der von Schmidt entdeckten Rillen spricht keineswegs dafür, dass diese Gebilde erst in neuester Zeit entstanden seien. Doch macht der athenische Astronom vorsichtig darauf aufmerksam, dass er am 10. Mai 1862, westlich neben Aristarch gegen 15 Rillen und eine Gruppe an einander gedrängter Krater entdeckte, von denen viele durchaus keine Minima der Sichtbarkeit waren, und die weder er selbst früher am berliner Refractor, noch Mädler gesehen hatte, obgleich sie, falls vorhanden, kaum hätten entgehen können. „Wie dem auch sein möge," sagt Schmidt, „die Umgegend des Aristarch verdient häufige und sorgsame Untersuchung, und wenn auch keine Neubildungen sollten stattgefunden haben, so sind partielle und langdauernde Bedeckungen möglich, auch wenn der Mond (im gewöhnlichen Sinne) keine Atmosphäre hat."

Schon oben wurde bemerkt, dass keine Stelle der Mondoberfläche exi-

Digitized by Google

stire, die nicht bei geeigneter Vergrösserung polyedrisch erschiene. Hierzu kommt der Umstand, dass man niemals auf unserm Satelliten Wolken oder Dünste analog denjenigen der Erde gesehen hat. Beides beweist, dass der Mond kein tropfbar flüssiges Wasser an seiner Oberfläche beherbergt.

Schon 1748 bemühte sich Tobias Mayer den Nachweis zu liefern, dass am Mondrande keine Refraction auftritt, durch Vergleichung der beiden Werthe des Mondhalbmessers, wie sie aus directer Messung und der Dauer der Fixsternbedeckungen folgen. Bessel hat Mayer's Resultate insofern bestätigt, als er auf demselben Wege zu dem Schlusse gelangte, die Dichte der Mondluft könne höchstens $\frac{1}{968}$ betragen. Dieses Resultat würde die Frage definitiv entscheiden, wenn einerseits der Mondhalbmesser ganz fehlerfrei bekannt wäre, und anderseits keine Gebirge die Oberfläche unseres Satelliten bedeckten. Der durchgängig jetzt angenommene Werth für den mittlern Winkeldurchmesser der Mondscheibe ist aus directen Messungen erhalten worden, die keineswegs frei von Irradiation sind. Demnach lässt sich auch nicht behaupten, dass er in aller Strenge richtig ist, wenn es sich um so feine Untersuchungen wie die in Rede stehenden handelt. Hûgh Breen fand im Mittel aus 194 Sternbedeckungen einen 2,1″ kleineren Werth als den allgemein angenommenen, und de la Rue hat aus seinen Photographien der Sonnenfinsterniss von 1860 gleichfalls gefunden, dass der mittlere Monddurchmesser um 2,15″ zu verkleinern sei. Aber selbst eine aus Occultations-Beobachtungen folgende Refraction kann in keinem Falle diejenige sein, welche am Boden der Mondoberfläche stattfindet, weil am Rande der Scheibe nicht sowohl der Eintritt eines Sternes hinter der mittlern Niveaulinie, sondern hinter den Spitzen der Berge beobachtet wird, die sich hier für unsern Anblick theilweise auf einander projiciren. Schröter will häufig wahrgenommen haben, dass die isolirten Berggipfel in der Nachtseite des Mondes in dem Maasse lichtschwächer erscheinen, als der Strahl zu ihnen einen längern Weg am Mondrande vorbei nehmen musste. Allein derartige Wahrnehmungen können nicht als Beweise für das Vorhandensein einer Mondluft angesehen werden; sie würden dies kaum, wenn sie durch photometrische Messungen wären unterstützt worden. Das Gleiche gilt von Schröter's Monddämmerung. Am 24. Februar 1792, 2,5 Tage nach dem Neumonde, liefen beide Hörnerspitzen mit völliger Deutlichkeit sehr fein und matt fast nicht unterbrochen ab, von der dunkeln Seite war noch nichts zu sehen. Plötzlich fing die Nachtseite des Mondes an den Hörnerspitzen, in der Erstreckung von einigen Graden an, sichtbar zu werden, und fiel, ganz wie die Dämmerung, gegen die Nachtseite allmählich ab. Von dieser letztern war noch Nichts zu sehen, sie tauchte bei abnehmendem Tageslichte erst 6 Min. später auf. Die Länge des Dämmerungsbogens war nach Schröter's Messungen 80″, die Breite 2″; er schloss, dass derselbe in der Richtung der tangirenden Sonnenstrahlen einen Bogen von 2° 34′ überspanne und dass die äusserste beleuchtete Luftschicht am Ende die-

Digitized by Google

ses Bogens 452 Meter Höhe habe. Die Beobachtungen Schröter's geschahen in einem 7füssigen Spiegelteleskope bei 74maliger Vergrösserung. Es ist leicht zu zeigen, dass die Erscheinung kein Dämmerungsphänomen war. In diesem Falle nämlich musste der mattleuchtende Bogen von 80″ Länge nicht bloss in der Verlängerung der beiden Hörner der Mondsichel sichtbar gewesen sein, sondern es hätte sich überhaupt längs des innern leuchtenden Mondrandes ein ebenso breiter Saum zeigen müssen. Denn die Dämmerung kann keineswegs an den Spitzen der Sichel allein existiren, sondern an allen Punkten der Mondoberfläche, wo die Sonne eben im Begriffe ist aufzugehen, d. h. längs des ganzen leuchtenden innern Randes. Dieser hätte, was auch Schröter dagegen einwenden mag, allmählich gegen die Nachtseite an Helligkeit abfallen müssen, wenn auch ein eigentlicher Dämmerungssaum für sich nicht sichtbar gewesen wäre. Die Ursache der anomalen Erscheinung, welche Schröter wahrgenommen, war gewiss einzig in der stärkern Reflexionsfähigkeit gewisser Theile der Mondoberfläche, dann auch in Vorgängen unserer Atmosphäre begründet. In dieser Beziehung will ich nur an eine Beobachtung von mir erinnern, bei welcher $1^1/_4$ Tag nach dem ersten Viertel ein Theil der in aschfarbenem Lichte erscheinenden Mondhälfte sichtbar war, und zwar derjenige, zwischen dem Nordpole und etwa 40^0 nördl. Br., während doch in der südlichen Mondhälfte vorwaltend Theile von stärkerer Reflexionsfähigkeit sich befinden.

Am 4. Januar 1865, als ε piscium vom Monde bedeckt wurde, beobachtete Huggins den Fixstern im Spectroskop, um sein Verhalten bei der Occultation zu studiren. Es zeigten sich keine neuen Linien; ebensowenig erbleichten einzelne Theile des Spectrums früher als andere, was auf wässerige Nebel oder grosse Dichte der Mondatmosphäre deuten würde. Das Spectrum verschwand vielmehr, gleich als wenn ein dunkler Schirm darüber hinweggezogen wäre, in 0,2 Secunde.

Einen schlagenden Beweis gegen das Vorhandensein einer an Dichte der unserigen vergleichbaren Mondatmosphäre hat man aus der tiefen Schwärze der Schatten entnommen, welche die Erhabenheiten der Oberfläche erzeugen. Dergleichen ist in einer lichtreflectirenden und lichtzerstreuenden Luftumhüllung undenkbar. Weniger entscheidend ist die Bemerkung, dass man niemals Wolken oder Trübungen einer supponirten Mondluft bemerkt hat. Denn in der That könnte diese bei geringer Dichte und gänzlicher Abwesenheit von Feuchtigkeit auf unserm Trabanten beständig klar erscheinen. Doch sei noch als Curiosum erwähnt, dass Mästlin 1605 im Monde einen ziemlich starken Regen beobachtet haben will!

Fasst man alles zusammen, was sich gegenwärtig hinsichtlich einer Mondatmosphäre sagen lässt, so darf man behaupten, dass eine solche, welche an Dichte und Constitution derjenigen der Erde vergleichbar wäre, gewiss nicht existirt; dass dagegen kein entscheidendes Moment vorliegt, jede luftartige Umhüllung zu leugnen, hingegen eine solche von sehr un-

Digitized by Google

beträchtlicher Dichte und Höhe höchst wahrscheinlich wirklich vorhanden ist.

Die Frage nach den kleinsten Gegenständen, welche auf dem Monde gegenwärtig erkannt werden können, ist schwer zu beantworten. Aus einigen beiläufigen Beobachtungen mit dem Riesenteleskop Rosse's hat sich ergeben, dass in diesem bewundernswürdigen Instrumente, bei günstigem Luftzustande noch Gegenstände der Mondoberfläche von 230 bis 260 Fuss Ausdehnung, klar erkannt werden. Schröter erklärte, bei 1000facher Vergrösserung einen Gegenstand von 190′ Länge als Punkt, von 790′ seiner Gestalt nach erkennen zu können.

Die in viele Schriften übergegangene Behauptung Arago's: mit 1000facher Vergrösserung erblicke man den Mond so deutlich wie in der Entfernung von 50 Meilen mit dem blossen Auge, ist eine durchaus unrichtige. Wäre dies der Fall, d. h. wäre unter gleichen Verhältnissen das Sehen mit blossem Auge nicht weit weniger vorzüglich als das teleskopische, so wären alle Messungsversuche unnütz, die man auf der Mondoberfläche bei 150- bis 250fachen Vergrösserungen angestellt hat. Ich frage, wieviel Detail man mit blossem Auge bei einem Gebirge mittlerer Höhe, aus 250 Meilen Entfernung erkennen will, und ob sich Jemand unterfangen wollte, unter diesen Verhältnissen Höhenwinkel zu messen, denen er irgend einen Werth beilegen dürfte? Schon Herschel's Untersuchungen haben bewiesen, dass unter gleichen Verhältnissen das teleskopische Sehen, dem natürlichen überlegen ist. An das Erkennen etwaiger Mondbewohner ist freilich nicht im Entferntesten zu denken; aber ebenso unzweifelhaft ist es, dass Städte wie Paris und London, wären sie im Monde vorhanden, von der Erde aus gewiss erkannt würden, und sich im Verlauf eines längern Studiums, schon durch ihre nächtliche Beleuchtung, als von den Gebilden der Natur verschieden, darstellen dürften. Die angeblichen Wahrnehmungen kleiner sich fortbewegender Punkte auf der Mondscheibe, die man auf Haufen von ‚Mondbewohnern deuten wollte, welche vereint ihres Weges zogen, sind populäre Erfindungen. —

Bezüglich seiner individuellen Weltstellung weicht der Mond gar sehr von unserer Erde ab. Die Länge seines Jahres fällt fast ganz genau mit derjenigen des unserigen zusammen, dagegen beträgt seine mittlere Tagesdauer $14^d\ 18^h\ 22^m\ 1{,}4^s$, dieselbe ist für die Mitte der uns zugewandten Hemisphäre $33^m\ 56^s$ länger, für diejenige der abgewandten um ebensoviel kürzer als dieser Werth.

Da die Jahreszeiten von dem Winkel abhängen, welchen die Rotationsaxe mit der Bahnebene bildet, so können dieselben auf dem Monde nur wenig verschieden sein und die Mittagshöhe der Sonne für einen gegebenen Horizont, ändert sich Jahr aus Jahr ein um weniger als 3 Grade. In Folge der schnellen Bewegung der Knoten der Mondbahn, ist die Dauer des längsten Tages an den Polen 179 Erdentage, und weil die Sonne nie tiefer als um die Neigung des Mondäquators, d. h. $1^\circ\ 29'$ unter den wahren Horizont eines der Pole sinken kann, während man schon in 1830′

Digitized by Google

Höhe um den gleichen Betrag über den wahren Horizont hinaus sieht, so ergibt sich, dass Höhen an beiden Mondpolen, welche 2000′ übersteigen, in ewigem Sonnenlichte erglänzen.

Die Verfinsterungen, welche die an und für sich dunkele Mondscheibe durch Eintritt in den Schatten der Erde erleidet, haben früh die Aufmerksamkeit der den Himmel betrachtenden Völker auf sich gezogen. Schon die Chaldäer erkannten die Finsternissperiode von 223 synodischen Monaten, die bei ihnen Saros hiess, nach Geminus war ihnen sogar die noch genauere Periode von 19 756 Tagen oder 669 synodischen Monaten bekannt. Innerhalb jener ersteren finden 70 Finsternisse statt, 41 an der Sonne und 29 am Monde. Die früheste Beobachtung einer Mondfinsterniss, von der wir, durch Hipparch, Kunde haben, ist von den Babyloniern angestellt worden. Nach Lalande trat jene Finsterniss ein am 19. März 720 v. Chr. 6 Uhr 48 Min. mittlerer par. Zeit in 171° 27′ wahrer Länge des Mondes.

Ein bemerkenswerthes Factum bei den Mondfinsternissen ist die wechselvolle Vergrösserung des theoretisch berechneten Schattenhalbmessers in der Wirklichkeit. Schon Lemonnier, Legentil und Lalande waren auf diese Vergrösserung aufmerksam geworden und Tobias Mayer gab als Regel an, den berechneten Schattenradius um soviel Secunden zu vergrössern, als er Minuten zählt; Lambert's Vergrösserungscoefficient ist $^1/_{40}$. Beide Vorschriften sind aber ebensowenig streng richtig, wie jene Lalande's der eine constante Vergrösserung von 1′ 40″ empfahl; denn diese Vergrösserung, welche durch die atmosphärische Umhüllung unserer Erde entsteht, variirt wie schon Legentil bemerkte, mit der Diaphanität dieser letztern, wofür sich keine Vorherbestimmung geben lässt. In der That hat Mädler bei verschiedenen Mondfinsternissen den Vergrösserungscoefficienten gleich $\frac{1}{65.4}$, $\frac{1}{28.3}$, $\frac{1}{54.0}$, $\frac{1}{49.8}$ gefunden, woraus $^1/_{45}$ als Mittelwerth, freilich mit starken Abweichungen im Einzelnen, resultiren würde.

Der eigentliche Halbschatten macht sich beim Eintritt des Mondes, nur durch Helligkeitsverminderung der nächsten Nähe des Kernschattens bemerkbar. Ich habe mich vergeblich bemüht, eine Intensitätsveränderung des Mondlichtes wahrzunehmen, wenn der Trabant nur den Halbschatten des Erdsphäroids durchschnitt.

Der Kernschatten zeigt sich anfangs grau mit etwas röthlichem Schimmer und die Mondflecke verschwinden. In dem Maasse, als er sich weiter über die Mondscheibe ausbreitet, nimmt er eine mehr rothe Farbe an, in welcher das Fernrohr einzelne Flecke wieder unterscheiden lässt. Wenn das Schattencentrum selbst auf die Scheibe fällt, so ist die Farbe in nächster Umgebung desselben tief schwarz mit röthlichem Schimmer, und nimmt allmählich an Helligkeit zu in dem Maasse, als man sich vom Mittelpunkte des Schattens entfernt. Die rothe Farbe des verfinsterten Mon-

Digitized by Google

des ist nicht immer von gleicher Intensität, nicht allein ist sie in dem Maasse dunkler als der Mond dem Schattencentrum näher steht, sondern unter gleichen Umständen bisweilen mehr grau, bisweilen etwas ins Rosafarbene spielend.

Der Theorie gemäss müsste der Mond, sobald er ganz in den Kernschatten eingetreten ist, verschwinden; gleichwohl findet dies nur äusserst selten statt. Nach Kepler's Beobachtungen verschwand der Mond bei den totalen Mondfinsternissen vom 9. December 1601 und 15. Juni 1620; Hevel bemerkte Gleiches am 25. April 1642, obgleich der Himmel mit funkelnden Sternen besäet war, und Aehnliches fand am 10. Juni 1816 zu London statt. Schon Kepler bemerkt, dass das Nichtverschwinden eine Folge der Brechung ist, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch die irdische Atmosphäre erleiden; sie werden theilweise in den geometrischen Schattenkegel geworfen und statt der absoluten Dunkelheit erzeugt sich hier ein röthlicher Schimmer, indem alles Licht, das die untersten Schichten der Atmosphäre durchdringt, stets röthlich erscheint. Die Veränderungen der Farbe des verfinsterten Mondes erklären sich ungezwungen aus dem Luftzustande derjenigen Theile der Erde, welche die Sonnenstrahlen tangiren, wo also die Sonne im Horizonte steht. Ist hier heitere Atmosphäre, so wird die Farbe des verfinsterten Mondes ziemlich hellroth sein, ist aber die Luft dunstig und von Wolken erfüllt, so muss der Mond dunkelroth erscheinen, ja er kann ganz verschwinden. Ebenso leicht erklärt sich aus dieser Theorie die mehrfach beobachtete Thatsache, dass einzelne Theile der Mondscheibe verschieden deutlich sichtbar und gefärbt erscheinen. Helfenzrieder beobachtete 1779 sehr beträchtliche Ungleichheiten in der Krümmung des Schattens und nahm auch einige helle Streifen wahr, die sich tief in den Schatten hineinzogen. Bei einer Mondfinsterniss im Jahre 1783 will Messier sogar verschieden erhellte Theile wahrgenommen haben, welche in kreisförmiger Bewegung begriffen waren. Aus dem Obigen folgt unmittelbar, dass die Intensität der rothen Färbung um so lebhafter sein muss, je weiter sich der Mond zur Zeit der Verfinsterung vom Erdmittelpunkte entfernt befindet. Diese Folgerung ist, wie es scheint, noch wenig durch die Beobachtungen geprüft worden. W. Herschel glaubte, dass die rothe Färbung der verfinsterten Mondscheibe durch ein unserm Satelliten eigenthümliches Licht erzeugt werde. Nach seiner Berechnung hätten die Sonnenstrahlen bei der Mondfinsterniss am 22. October 1790 eine Brechung von 54′ 6″ in der Erdatmosphäre erleiden müssen, was er nicht für möglich hielt. Herschel übersah indess, dass ein eignes Licht des Mondes bei jeder Conjunction auftreten müsste, was nicht der Fall ist, wenn man nicht den secundären Schein als solches ansehen wollte; dann bewirkt auch die den Sonnenball umhüllende Corona, dass die Brechung der Strahlen in unserer Atmosphäre eine weit geringere zu sein braucht, um das in Rede stehende Phänomen zu erzeugen.

Schliesslich muss noch der sogenannten horizontalen Finsternisse

Digitized by Google

gedacht werden, deren für einen gegebenen Ort etwa fünf in 100 Jahren vorkommen können. Die Ursache derselben ist bekanntlich die Refraction unserer Atmosphäre, wie schon Cleomedes behauptete.

Kein Himmelskörper bleibt der Erde dauernd so nahe als der Mond. Es ist daher natürlich nachzuforschen, ob derselbe nicht gewisse Einflüsse auf unsern Planeten ausübt. Bei diesen Untersuchungen werde ich den angeblichen Einfluss auf den menschlichen Körper gänzlich unberücksichtigt lassen; nicht aus dem Grunde, weil die Existenz eines derartigen Einflusses aus Gründen der Wissenschaft in Abrede zu stellen sei, sondern bloss, weil keine zuverlässigen Beobachtungen in hinreichender Anzahl vorliegen, um die Frage einer Entscheidung näher zu bringen.

Unbestreitbar ist der Einfluss der Mondanziehung auf die Wasser unserer Meere. Unser Satellit ist die Hauptursache der Ebbe und Fluth, deren Erklärung in die physische Astronomie gehört.

Schon längst hat man die Frage aufgeworfen, ob nicht ähnlich wie beim Meere auch in der Atmosphäre durch die Anziehung des Mondes eine Ebbe und Fluth statt habe. Laplace hat sie verneinend beantwortet, indem er aus 4752 in Paris angestellten Beobachtungen die Grösse der atmosphärischen Mondfluth zu 0,0556 Millimeter berechnete; Bouvard fand auf demselben Wege aus 8940 Beobachtungen, die Grösse der Fluth 0,01763 Millimeter, und die späteren Untersuchungen von Eisenlohr haben ein negatives Resultat ergeben.

Sabine hat indess aus Beobachtungen auf dem Observatorium von St. Helena das Resultat abgeleitet, dass der Mond bei seinem Meridiandurchgange den Luftdruck vermehrt, wie nachstehende Tabelle zeigt:

Zeit bis zum Meridiandurchgange des Mondes	Einfluss auf den Luftdruck in pariser Linien
0 Stunden	0,041
1 „	0,039
2 „	0,032
3 „	0,018
4 „	0,014
5 „	0,004
6 „	0,000

Verschiedene Beobachtungsreihen zeigen eine Periode der Barometerschwankungen an, die mit dem synodischen Mondumlaufe zusammenfällt. In der nachstehenden Tabelle sind die Werthe für Karlsruhe, Paris und Strassburg von Eisenlohr, diejenigen für Viviers von Flaugergues (aus Beobachtungen vom 19. October 1808 bis 18. October 1828), diejenigen für London endlich von Howard (aus Beobachtungen von 1787 bis 1796) berechnet worden:

Digitized by Google

Mondphase	Barometerstand in Millimetern				
	Karlsruhe	Paris	Strassburg	Viviers	London
Neumond . . .	754,212	756,031	751,521	755,480	756,779
1. Octant . . .	754,369	755,696	751,231	755,440	
Erstes Viertel .	753,282	755,833	751,201	755,400	759,218
2. Octant . . .	752,590	755,833	750,634	754,790	
Vollmond . . .	753,363	755,995	751,642	755,300	756,424
3. Octant . . .	753,882	755,862	751,468	755,690	
Letztes Viertel	754,717	756,239	751,694	756,230	758,989
4. Octant . . .	754,410	755,969	751,226	755,500	

Nach dieser Tabelle fällt das Maximum des Barometerstandes in Karlsruhe, Paris, Strassburg und Viviers auf das letzte Mondviertel, in London auf das erste, doch sind die Beobachtungen hier nicht zahlreich genug, um gegen zufällige Einflüsse gedeckt zu sein. Liagre hat aus 1783 Beobachtungen vom 1. Januar 1833 bis zum 12. Januar 1851, einige Resultate bezüglich des Mondeinflusses auf den Luftdruck abzuleiten versucht. Hiernach ist derselbe für verschiedene Orte äusserst verschieden und durch locale Ursachen modificirt, der Art, dass eine Mondphase, welche in Brüssel ein Barometerminimum erzeugt, ein Maximum in Paris hervorbringt und umgekehrt. Der mittägige Barometerstand in Brüssel zeigt für die zweite Quadratur dort ein Minimum an. Ein Maximum im zweiten Octanten ist weniger entschieden. Ein Einfluss, der mit den Zenithdistanzen des Mondes variirt, soll nicht nachweisbar sein. Diese Schlüsse bedürfen sämmtlich noch sehr der Bestätigung. Neumayer's Untersuchungen, besonders der 43 500 stündlichen Barometerbeobachtungen in Melbourne (vom 1. März 1858 bis zum 28. Februar 1863), deuten entschieden auf eine Einwirkung des Mondes (und der Sonne). Die Unterschiede zwischen dem höchsten und niedrigsten Luftdrucke zeigen ein Maximum zur Zeit des Perigäums. Nur die Monate Mai, Juni und Juli (der Winter der Südhemisphäre) zeigen das entgegengesetzte Verhalten. Stellt man die mittleren Abweichungen für die vier bisher berechneten Stationen zusammen, so erhält man folgende Tabelle, in welcher die Abnahme der Abweichungs-Amplitude mit wachsender Breite sehr klar auftritt:

Ort	Geogr. Breite	Mittl. Abweichung, engl. Zolle
Singapore	1° 19′ n.	0,002621
St. Helena	15° 57′ s.	0,001843
Melbourne	37° 49′ s.	0,000631
Prag	50° 8′ n.	0,000356

Digitized by Google

Uebrigens macht v. Wüllersdorf-Urbair darauf aufmerksam, dass durch das Barometer sich schwerlich ein genaues Resultat bezüglich der atmosphärischen Ebbe und Fluth ergeben könne. Der Einfluss der Mondanziehung hinsichtlich der atmosphärischen Gezeiten besteht darin, dass die Schwere an der Oberfläche eine veränderliche wird. Solches kann aber das gewöhnliche Barometer ebensowenig nachweisen, wie eine gewöhnliche Wage die Zunahme der Schwere vom Aequator gegen die Pole hin. Ein Aneroid-Barometer, das durch Federung die Messung des Luftdruckes vermittelt, ist hierzu unvergleichlich besser geeignet, indem die Federung unabhängig von Aenderungen der Schwere bleibt. v. Wüllersdorf glaubt daher, dass eine Vergleichung beider Instrumente an einem und demselben Orte, deutlich das Vorhandensein einer atmosphärischen Ebbe und Fluth anzeigen dürfte.

Weit problematischer ist der Einfluss des Mondes auf die Windrichtung. Bouvard und Schübler glauben aus ihren Untersuchungen schliessen zu dürfen, dass zur Zeit des letzten Viertels Nord- und Ostwinde häufiger seien, während vom Neumonde bis zum zweiten Octanten Süd- und Westwinde mehr vorherrschten. Sind Einwirkungen des Mondes auf Barometerstand und Windrichtung in der That vorhanden, so folgt hieraus von selbst, dass eben solche bezüglich der Regenmenge und der Witterung im Allgemeinen existiren müssen. Indess sind diese, wie man von vornherein erwarten darf, sehr gering und praktisch vielleicht kaum nachweisbar. Toaldo hat, gestützt auf 14jährige Beobachtungen von Poleni, im Jahre 1770 in seiner zu Padua erschienenen Schrift „Della vera influenza degli astri" versucht, den Einfluss des Mondes auf die Witterung nachzuweisen. Hiernach übt der Neumond den grössten Einfluss auf den Wetterwechsel aus, unter sieben Neumonden sind sechs von Aenderungen der Witterung begleitet; von den beiden Quadraturen kommen auf je drei Fälle zwei Witterungsänderungen, auf sechs Vollmonde deren fünf; im Perigäum ändert sich das Wetter unter sechs Fällen fünf mal, im Apogäum unter fünf Fällen vier mal. Bei der Unbestimmtheit dessen, was man eigentlich unter einer Witterungsänderung versteht, und weil Toaldo sich nicht bei seinen Bestimmungen auf die Phasentage allein beschränkte, sondern auch den Tag vor- und nachher heranzog, können seine Resultate nicht als entscheidend angesehen werden. Sie stehen auch mit denjenigen Resultaten im Widerspruche, die Pilgram in Wien aus Beobachtungen von 1763 bis 1787 gefunden hat und die hier folgen:

Digitized by Google

Phase	Unter 100 mal		Phase	Unter 100 mal	
	änderte sich das Wetter	blieb das Wetter constant		änderte sich das Wetter	blieb das Wetter constant
Neumond	58 mal	42 mal	Neumond im Perigäum	80	20
Vollmond	63 „	37 „	Apogäum	64	36
Quadraturen	63 „	37 „	Vollmond im Perigäum	81	19
Perigäum	72 „	28 „	Apogäum	68	32
Apogäum	64 „	36 „			

Gronau fand aus Beobachtungen von 1701 bis 1800 bezüglich des Mondeinflusses auf die Veränderlichkeit oder Nichtveränderung des Wetters:

Mondphase	Veränderung	Nichtveränderung
Neumond . .	461 mal	674 mal
Erstes Viertel	409 „	921 „
Vollmond . .	475 „	756 „
Letztes Viertel	398 „	838 „
Perigäum . .	389 „	477 „

Aehnliches fanden Horsley, Varese, Olbers und Brandes. Lichtenberg gerieth auf die Idee, Beobachtungen um jene Zeit anzustellen, wenn die Erde denjenigen Punkt im Raume einnimmt, den kurz vorher der Mond eingenommen hat, was um das letzte Mondviertel herum, besonders in der Nähe der Knoten statt hat. Doch haben diese Beobachtungen kein positives Ergebniss geliefert.

Nach Schübler dagegen ändert sich das Wetter beim Vollmond und letzten Viertel im Verhältniss von 1000 : 823, in der Erdnähe und Erdferne wie 1000 : 588; auch dies stimmt nicht mit dem Vorstehenden überein. Schübler hat ferner aus seinen Beobachtungen den Schluss gezogen, dass die geringste Regenmenge zur Zeit des letzten Viertels fällt, ein Maximum dagegen im 2. Octanten statthat. Der behauptete Einfluss des Mondes auf die Regenmenge hat Mathieu de la Drôme zu seinen bekannten (und nicht eingetroffenen) Wetterprophezeiungen veranlasst. Nach seiner Angabe, gestützt auf die seit 1796 in Genf angestellten meteorologischen Beobachtungen, sollte z. B. der in den vier letzten Monaten des Jahres zwischen 8 und $9^1/_2$ Uhr Morgens eintretende Neumond weit mehr Regen bringen wie der einige Stunden früher oder spä-

Digitized by Google

ter eintretende. Dieses angebliche Gesetz stützt sich nur auf 32 Beobachtungen, 17 hiervon kommen auf den zwischen 8 bis $9^1/_2$ Uhr fallenden Neumond, 15 auf den Neumond zwischen 7 und 8 Uhr Morgens. Erstere geben im Mittel $31^5/_{17}$, letztere $17^{11}/_{15}$ Millimeter. Allein Leverrier hat nachgewiesen, dass diese Incongruenz einzig und allein durch den grossen wolkenbruchartigen Regen entstanden ist, der 1840 gegen 9 Uhr Morgens während der ersten Mondphase fiel. Lässt man dieses Jahr, wie man bei der geringen Zahl der Beobachtungen wohl thun muss, zur Seite, so ergibt sich für den Neumond zwischen 8 bis $9^1/_2$ Uhr sogar noch ein Minimum der Regenmenge und von 17 Jahren bleiben 11 unter der Mittelzahl. — Fulbrook hat die Regenmengen, welche während 200 Mondumläufen beobachtet wurden, zusammengestellt. Hiernach fielen während 500 Tagen, zwischen dem 3. bis 7. Tage der Mondperiode, bei grösster südlicher Breite 47,60 engl. Zoll Regen; während des gleichen Zeitraumes als sich der Mond nordwärts der Ekliptik befand, zwischen dem 17. und 26. Tage der Mondperiode aber fielen nur 26,42 engl. Zolle Niederschläge.

Schon im Jahre 1839 hat Kreil aus den Beobachtungen zu Mailand einen Zusammenhang zwischen den magnetischen Schwankungen und dem Mondlaufe abgeleitet, ein Resultat, das vielfach bezweifelt und erst später durch Sabine aufs Neue untersucht wurde. Dieser ausgezeichnete Physiker wies aus den magnetischen Beobachtungen zu Toronto nach, dass die Declinationsnadel unter dem Einflusse des Mondes eine tägliche Bewegung vollführt, welche durch eine Formel dargestellt werden kann, deren hauptsächlichstes Glied ist:

$$-\ 19{,}18''\ \mathit{sin}\ (2a + 271^0\ 21').$$

In dieser Formel bezeichnet a den Stundenwinkel des Mondes. Man erkennt aus derselben sofort, dass die täglichen Schwankungen zwei Maxima und Minima besitzen, gänzlich analog der Ebbe und Fluth des Meeres. Ein ähnlicher Einfluss des Mondes lässt sich nach Sabine in allen übrigen Elementen des Erdmagnetismus nachweisen.

Im Jahre 1864 hat Prof. Lamont die Resultate seiner Arbeiten über diesen Gegenstand veröffentlicht. Es ergibt sich hieraus ebenfalls, dass im Laufe eines Mondtages zwei Maxima und zwei Minima der Bewegung der Nadel in sehr nahe gleichen Zeitintervallen stattfinden.

In der nördlichen und südlichen Halbkugel wird die Nadel in entgegengesetzter Richtung abgelenkt und die Wirkung macht sich um so später geltend, als man sich vom Aequator entfernt. Auch die Grösse der Bewegung ist an verschiedenen Orten (gerade wie bei den Gezeiten des Oceans) verschieden. Da die Grösse der Ablenkung von der horizontalen Intensität des Magnetismus an einem gegebenen Orte abhängt, so muss man, um die ablenkenden Kräfte an verschiedenen Orten mit einander vergleichen zu können, das Product der Ablenkung in die Horizontalintensität (letztere ausgedrückt durch eine gewisse Einheit) nehmen. Lamont gibt folgende Tabelle der „magnetischen Gezeiten“:

Digitized by Google

Ort	Geogr. Breite	Ablenkung	Horizontale Intensität	Product
Kiew	51° 29′ nördl.	17,7″	3,7	65,5
Toronto. . .	43 39 „	39,7	3,5	133,9
Philadelphia	39 57 „	27,9	4,0	117,2
Peking . . .	39 54 „	9,0	6,0	54,0
St. Helena .	15 57 südl.	10,6	5,6	59,4
Capstadt . .	33 56 „	19,5	4,5	87,8
Hobarton . .	42 55 „	17,0	4,5	76,5

Auch in den Inclinations-Veränderungen zeigen sich zwei tägliche Maxima und Minima, bei entgegengesetzter Bewegungsrichtung in der nördlichen und südlichen Halbkugel. Die 19jährige Periode der erdmagnetischen Intensität, welche Hansteen zuerst entdeckte, wurde von ihm schon gleich anfangs als in gewisser Beziehung zu der Bewegung der Mondknoten stehend, dargestellt. Eine solche Beziehung scheint, wie die Folge gelehrt hat, in der That zu bestehen. Hansteen glaubt, dass durch das Schwanken der Erdaxe eine veränderte Vertheilung der Wärme an der Erdoberfläche hervorgebracht werde und diese eine veränderte Vertheilung der horizontalen magnetischen Intensität hervorbringe. Theoretisch wird dieser Effect nun allerdings erzeugt, aber da das Wanken der Erdaxe nur wenige Secunden beträgt, so scheint es keinen praktisch nachweisbaren Einfluss auf eine Veränderung der Wärmevertheilung ausüben zu können.

Kreil glaubt auch einen Einfluss des Mondes auf die Lufttemperatur erkannt zu haben; sie nimmt durchschnittlich im Winter in dem Maasse zu als der Mond sich dem Meridiane nähert und von da an, bis zum untern Meridiandurchgange wieder ab; im Sommer soll ein ähnlicher Einfluss stattfinden, doch weniger deutlich ausgesprochen sein.

Buys-Ballot hat aus 114jährigen Beobachtungen gefunden, dass der Mond an jedem der sieben aufeinander folgenden Tage, von denen zwei der Epoche seiner grössten nördlichen Declination vorangehen, die anderen fünf ihr aber folgen, uns 0,26° F. Wärme mehr zusendet, als an jedem der sieben gerade gegenüberstehenden Tage; ferner dass die Temperatur zwischen dem 12. und 19. Tage des Mondalters, also um den Vollmond herum durchschnittlich 0,2° höher als bei Neumond steht. Neue Arbeiten von Harrison, bei denen die Beobachtungen zu Berlin, Greenwich und Oxford benutzt wurden, ergeben ein Maximum der Temperatur der unteren Luftschichten am 6. bis 7. Tage nach dem Neumonde, ein Minimum einige Tage nach dem Vollmonde, was Buys-Ballot's Resultaten widerspricht.

Hat der Mond auf die Bewölkung einen wahrnehmbaren Einfluss? Sir John Herschel glaubt, dass auf der Mondoberfläche in Folge der 14tägigen ununterbrochenen Sonnenwirkung, eine sehr hohe Temperatur

Digitized by Google

herrsche, die zwar durch Strahlung unsere Erdoberfläche nicht erreichen könne, weil sie in den oberen Schichten des Luftmeeres absorbirt werde, aber jedenfalls auf die Wolken einen solchen Einfluss ausübe, dass sie sichtbares Gewölk in durchsichtigen Dampf verwandle. Dass der Vollmond ein Bestreben besitzt, leichtes Gewölk aufzulösen, ist eine im Volksmunde häufig citirte Thatsache.

Aus den meteorologischen Beobachtungen des Dr. B. Ellner in Bamberg von 1856 bis 1864, deren Zusendung ich der Freundlichkeit dieses sehr thätigen Beobachters verdanke, und die zum Theile absichtlich zur Ermittlung eines etwaigen Mondeinflusses auf die Bewölkung angestellt wurden, habe ich folgende Resultate gezogen. Bezeichnet man den gänzlich wolkenfreien Himmel mit 0, den ganz bedeckten mit 2, so ergeben 438 Beobachtungen den mittleren Zustand der Bewölkung für Bamberg = 1,185. Die mittlere Bewölkung zur Zeit des Neumondes ist = 1,21, des ersten Viertels = 1,09, des Vollmondes = 1,28, des letzten Viertels = 1,26. Hieraus würde sich also, gegen Herschel's grösstentheils theoretische Schlussfolgerung ergeben, dass zur Zeit des Vollmondes der Himmel am meisten bewölkt ist, am geringsten zur Zeit des ersten Viertels. Uebrigens weichen diese beiden Extreme so wenig vom Mittel ab, dass ein thatsächlicher Einfluss des Mondes auf die Bewölkung gar nicht existirt.

Nach den schönen Untersuchungen Tyndall's, werden die dunklen Wärmestrahlen vollständig vom atmosphärischen Wasserdampfe absorbirt. Wenn daher der Mond eine irgend merkliche Menge dieser Strahlen gegen die Erde entsendet, so wird sich in Folge dessen die Luft über den Wolken erwärmen, es tritt erhöhte Verdunstung, Emporsteigen und Auflösung derselben ein. Sonach liesse sich die wolkenzerstreuende Kraft des Mondlichtes theoretisch sehr wohl deuten, allein es ist dabei nicht zu übersehen, dass die Thatsache an und für sich noch keineswegs als feststehend betrachtet werden darf.

A. Perrey hat in einer, im Institut von Frankreich gelesenen Abhandlung zu zeigen versucht, dass ein Einfluss des Mondes auf Häufigkeit der Erdbeben unzweifelhaft sei. Es fallen nach seiner Zusammenstellung nämlich auf die Sycygien 1901 Erdbebentage, auf die Quadraturen 1754. Allein da der Unterschied nur 4 Procent der Gesammtzahl beträgt, so kann man ihn schwerlich als beweisend ansehen. Besässe der Mond einen Einfluss in dieser Richtung, so müsste sich derselbe weit energischer und regelmässiger bemerklich machen. Uebrigens dürfte man von vornherein weniger einen verschiedenen Einfluss des Mondes zur Zeit der Sycygien und Quadraturen, als vielmehr zur Zeit des Perigäums und des Apogäums erwarten, ein solcher aber findet nicht statt und wird auch von denjenigen von vornherein nicht erwartet werden, welche nicht mit der alten geologischen Schule der Bodenerschütterungen als Aeusserungen des heissflüssigen Erdinnern ansehen, sondern wie die neuere Geologie, sie hauptsächlich nur aus dem Zusammenbrechen unterirdischer Hohlräume ableiten.

Digitized by Google

Mars.

Mars, der erste der oberen Planeten, deren Bahnen die Erdbahn umschliessen, ist auch unter allen Hauptplaneten derjenige, dessen physische Individualität uns am besten bekannt ist.

In der That hat man auf diesem Himmelskörper von der Erde aus den Wechsel der Jahreszeiten ebensowohl als die sich ändernden Diaphanitätszustände seiner Atmosphäre unzweifelhaft erkannt, und die Zeichnungen, welche man von seiner Oberflächenbeschaffenheit hat entworfen, zeigen uns die Umrisse von Continenten und Meeren, wohl bestimmt nach Graden areocentrischer Länge und Breite.

Dem blossen Auge erscheint der Planet intensiv roth und auch die ältesten Nachrichten erwähnen dieser Farbe. Die Griechen und Hebräer nannten Mars den feurigen, im Sanskrit wird er angaraka d. h. brennende Kohle, oder auch lohitânga, Rothkörper, genannt, und in der Planetenverehrung der Sipasier unter dem Namen Bahram mit rother Krone dargestellt.

Die mittlere Entfernung dieses Planeten von der Sonne ist 1,5236913 oder 30 200 000 geogr. Meilen. Die Umlaufszeit beträgt 686,9796458 Tage oder 686 Tage 23 Stunden 30 Minuten 41,4 Secunden.

Unter allen alten Planeten, mit Ausnahme des Merkur, besitzt Mars die grösste Excentricität der Bahn und sie beträgt (1800) 0,09321670 mit einer Zunahme von $(0{,}0000009001 - 0{,}0000000000107t)t$.

Sonach kann sich uns der Planet bis auf 8 Millionen Meilen nähern, aber auch bis zu 54 Millionen Meilen von uns entfernen.

Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik beträgt $1^0\ 51'\ 5{,}8''$ mit einer Abnahme von $(0{,}0218'' + 0'',0000167t)t$

Die Länge des Perihels ist $332^0\ 22'\ 53{,}5''$ mit einem tropischen Vorrücken von $(66{,}021'' + 0'',0000477t)t$.

Die Länge des aufsteigenden Knotens ist $48^0\ 0'\ 46{,}1''$ und rückt tropisch um $(27{,}859'' - 0'',0004659t)t$ vor.

Nach Zöllner's Messungen ist der Glanz des Planeten im Mittel $\frac{1}{6994\,000\,000}$ von jenem der Sonne und die lichtreflectirende Kraft beträgt $0{,}2672 \pm 0{,}0155$, sie ist also allen bisherigen Ansichten entgegen fast

Digitized by Google

0,5 grösser als beim Monde und wahrscheinlich selbst wie bei der Erde. Die wahre Grösse des Mars kann noch keineswegs als definitiv bestimmt angenommen werden.

Arago gab den scheinbaren Durchmesser dieses Planeten reducirt auf die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zu 8,9″ an, aber eine genauere Discussion seiner Messungen aus den Jahren 1845 und 1847 hat zu dem Werthe von 9,57″ geführt.

Bei Gelegenheit der Marsopposition von 1862, fand Professor Kaiser in Leyden mit dem 7zölligen Refractor, unter Anwendung des Doppelbild-Mikrometers, den Aequatorealdurchmesser gleich 9,518″, den Polardurchmesser 9,437″, während Main mit dem grossen Heliometer der Oxforder Sternwarte, den Aequatorealdurchmesser zu 9,38″ bestimmte.

Hält man sich an das von Kaiser gegebene Resultat, so ergibt sich der Aequatorealdurchmesser des Mars zu 918 geogr. Meilen.

Für die Masse des Planeten nimmt Leverrier den Werth von $\frac{1}{2948110}$ der Sonnenmasse an, während andere nach Burckhardt $\frac{1}{2680337}$ dafür setzen. Die mittlere Dichte des Planeten würde hiernach bei einem Volum von 0,15 des cubischen Inhalts der Erde, 0,7 von der Dichte unsers Planeten sein.

Ueber die Abplattung des Mars haben seit den Arbeiten Bessel's und Arago's Zweifel geherrscht, die auch heute noch keineswegs ganz beseitigt sind.

Während aus der Theorie folgt, dass dieser Planet nur eine Abplattung haben kann, die für unsere Instrumente nicht mehr messbar ist, schloss Herschel aus seinen Bestimmungen im Jahre 1784, dass die Abplattung $^1/_{16}$ betrage. Schon Schröter erhob sich gegen dieses Resultat und erklärte, dass, wenn überhaupt eine Abplattung vorhanden sei, diese höchstens $^1/_{80}$ betragen könne. Aus Bessel's genauen Untersuchungen ergab sich gleichfalls das Fehlen jeder Ellipticität in der Figur des Planeten; die Discussion der Bessel'schen Messungen, die später Oudemans unternommen, hat diese Schlüsse vollkommen bestätigt, ebenso wie die Heliometermessungen, welche Winnecke in Berlin angestellt.

Nach den Messungen von Main bei Gelegenheit der Opposition von 1862, beträgt die Abplattung $^1/_{39}$, aber die Uebereinstimmung dieser Messungen ist bei weitem geringer, als bei den Bessel'schen. Auch ergeben die gleichzeitigen Beobachtungen von Kaiser nur eine Abplattung von $\frac{1}{118}$, also eine viel zu geringe, um verbürgt werden zu können.

Bestimmtere Resultate sind bis jetzt bezüglich der Rotationsdauer des Planeten erlangt worden. Schon Robert Hooke bemerkte im Februar und März 1666 die Umdrehung des Mars, doch fand erst Dominicus Cassini, dass die Dauer derselben nahe $24^h\ 40^m$ beträgt. Maraldi gab 1704 hierfür den Werth $24^h\ 39^m$ an, doch fand er bei der Opposition von 1719 wieder genau das Cassini'sche Resultat. William Herschel war der Erste, der sich gründlicher mit den Rotationselementen des Planeten befasste. Er fand für die Rotationsdauer $24^h\ 39^m\ 21^s$

Digitized by Google

und bestimmte die Neigung der Marsaxe gegen die Bahn des Planeten zu 61° 18′. Beer und Mädler haben aus ihren Beobachtungen in den Jahren 1830 und 1832 eine Umdrehungsperiode von $24^h\ 37^m\ 23{,}7^s$ abgeleitet, während vor Kurzem C. Linsser in Pulcowa aus seinen Beobachtungen im Jahre 1862, verglichen mit denjenigen von Beer und Mädler, $24^h\ 37^m\ 22{,}9^s$ fand. Endlich hat Professor Kaiser durch Vergleichung seiner Wahrnehmungen mit denjenigen von Huygens und Herschel, die Umdrehungszeit definitiv zu $24^h\ 37^m\ 22{,}62^s$ bestimmt, ein Resultat, dessen wahrscheinlicher Fehler kaum ein paar Hundertstel der Secunde betragen mag.

Da die Bestimmungen der Rotationsdauer eines Planeten, sich ausschliesslich auf Wahrnehmung von Flecken an seiner Oberfläche gründen können, so datirt die erste Entdeckung der Marsflecke mindestens aus jener Epoche, in welcher man anfing, eine Umdrehung des Planeten zu vermuthen. In der That bemerkten schon Fontana 1636 und Zucchi 1640 einzelne dunklere Stellen auf der Marsscheibe und einige Jahre später dachte man schon an eine Umdrehung des Planeten um seine Axe.

Von diesen Marsflecken hat man zwei verschiedene Arten zu unterscheiden, solche die unveränderlich ihre ursprüngliche Gestalt behalten und solche die ihre Form und Ausdehnung meist sehr schnell ändern. Erstere gehören unzweifelhaft der festen Planetenoberfläche an, letztere sind Producte der Meteoration.

Herschel war der Erste der eine Karte des Mars in kleinem Maassstabe entwarf, nach ihm haben besonders Beer und Mädler in den Jahren 1830 bis 1839 die Lage der Marsflecke bestimmt und graphisch niedergelegt. Unter diesen findet sich ein kleiner, dunkler, 30 bis 40 Meilen im Durchmesser haltender, dessen ganzer Typus an die Ringgebirge des Mondes erinnert. Er ist in Mädler's Karte mit *d* bezeichnet, unter 270° areographischer Länge und 30° südlicher Breite. Ein inselartig sich durch 120 Längengrade fort erstreckender Fleck *p n*, wird gewöhnlich als von allen am dunkelsten erscheinend bezeichnet, obgleich nach Linsser 1862, die ganze nördliche Grenzlinie von *f h*, sowie der schlangen- oder landzungenartig gewundene Fleck *a e* vorwiegend dunkel sich darstellte.

Bei starken Vergrösserungen erscheint die dunkle Farbe keineswegs gleichförmig, sondern deutlich gesprenkelt, was sich aus der Heterogeneität der eben als Fleck sichtbar werdenden Gesammtheit der Oberflächentheile des Planeten leicht erklärt.

Einzelne Parthieen der Flecke hat man bisweilen mehr oder weniger bestimmt röthlich gesehen, obgleich trotz der rothen Färbung, welche der Planet dem unbewaffneten Auge darbietet, die einzelnen Flecke im allgemeinen schwärzlich erscheinen.

Die grünen Ränder, welche bisweilen einzelne Flecke umgeben, sind wahrscheinlich ebensowohl blosse Contrastphänomene wie die blaue Farbe,

Digitized by Google

welche den von Nasmyth im Herbste 1863 zuerst wahrgenommenen isolirten röthlichen Punkt umgab, den man Nasmyth-Insel genannt hat.

Nichtsdestoweniger ist es doch wahrscheinlich, dass die dunkeln Flecke continentale Massen, die umgebenden und zusammenhängenden hellen hingegen Meere sind.

Wegen der Schwäche der Begrenzungen der einzelnen Flecke, und weil ein gewisser Theil der überhaupt vorhandenen jedenfalls noch nicht entdeckt ist, bleibt es schwierig, das Oberflächenverhältniss des Festen und Flüssigen auf dem Mars festzustellen; es scheint indess, als wenn die continentalen Massen nicht $^5/_{12}$ der Gesammtoberfläche einnehmen, also fast in dem nämlichen Verhältnisse dort vorhanden sind, wie auf unserer Erde. Auch sind auf dem Mars grössere zusammenhängende Festlandmassen dem Nordpole näher als dem Südpole, was gleichfalls auf unserm Planeten der Fall ist. Dagegen scheint durchschnittlich die nördliche Hemisphäre ebensoviel Land oder Wasser zu besitzen, als die Südhalbkugel, während auf unserer Erde die südliche Halbkugel vorwiegend oceanisch ist.

Unter den veränderlichen Flecken sind vor allem die schon 1716 von Maraldi erwähnten, jedoch nach dem Zeugnisse dieses Beobachters schon 50 Jahre früher gesehenen weissen Flecke zu erwähnen, deren Lage so nahe mit jener der beiden Marspole übereinkommt, dass man schon früh in ihnen Analoga unserer Schnee- und Eismassen in den kalten Zonen zu sehen glaubte. Dies ist in der That der Fall; Beer und Mädler haben überzeugend nachgewiesen, dass sich die Ausdehnung jener weissen Flecke mit den Jahreszeiten auf dem Mars ändert.

Im Jahre 1830 war die Ausdehnung des Südpolflecks:

31. August	(der	auf	Mars	dem	16.	Juni	entspricht)	bis	83°	37′	südl.	Br.
10. September	(	„	„	„	„	23.	„	„	)	„	84	15	„	„
15. „	(	„	„	„	„	26.	„	„	)	„	86	25	„	„
2. October	(	„	„	„	„	7.	Juli	„	)	„	86	50	„	„
5. „	(	„	„	„	„	9.	„	„	)	„	87	7	„	„
20. „	(	„	„	„	„	19.	„	„	)	„	85	59	„	„

Im Jahre 1837, während seines Winters, hatte sich der Südpolfleck so weit über die Kugel des Planeten verbreitet, dass er noch wahrgenommen werden konnte, obgleich der Pol des Mars 18 Grad jenseits des Randes lag, was auf etwa 55 Grad südlicher Breite als äusserste Grenze, und auf einen Durchmesser des Polarflecks von etwa 70 Grad führt.

Der Nordpolfleck zeigte folgende Ausdehnungen:

1837 Januar	12	(entsprechend	dem	4.	Mai	des	Mars)	74°	18′	nördl.	Br.
März	7	(	„	„	4.	Juni	„	„	)	74			„	„
1839 Februar	26	(	„	„	17.	„	„	„	)	78	33		„	„
April	1	(	„	„	4.	Juli	„	„	)	80	48		„	„
„	16	(	„	„	12.	„	„	„	)	82	20		„	„
Mai	1	(	„	„	20.	„	„	„	)	81			„	„

Digitized by Google

Die Ausdehnung des Nordpolflecks während seines Winters kam niemals derjenigen der südlichen Eiszone auch nur annähernd gleich. Die Variationen des Südpolflecks sind demzufolge nach beiden Grenzen hin beträchtlich grösser, als die des Nordpolflecks.

Die Centra der beiden weissen Polarflecke fallen nicht genau mit den Polen des Mars zusammen, auch stehen sie einander nicht gegenüber. Demnach scheinen für den Mars ebensowohl als für die Erde besondere Kältepole zu existiren, die mit den Umdrehungspolen nicht coincidiren. Schon Maraldi war auf diese excentrische Stellung durch die wahrgenommene Veränderlichkeit im Glanze der Schneezonen gekommen und Herschel bestätigte dieselbe. Beer und Mädler versuchten 1837 die Position des Mittelpunktes vom nördlichen Polarflecke genauer zu bestimmen und kamen zu dem Resultate, dass derselbe etwa 4 Grad vom wahren Nordpole abstehe. Für die Mitte des südlichen Flecks fand Linsser 1862, 70 Grad südlicher Breite und 30 Grad westlicher Länge von dem Flecke *a*.

Bei der Opposition von 1858 fand Secchi in Rom die Eiszonen des Mars in seinem grossen Instrumente von einer ungemein dicken und zusammengerollten Form. Nach diesem Beobachter haben zur Zeit, wenn einer der Pole seinen Sommer hat, die vordem weissen Regionen der Planetenkugel eine rosige Farbe angenommen, während gewisse bläuliche Streifen nicht merklich ihre Form geändert haben.

Alle diese Beobachtungen beweisen einstimmig die Existenz nicht allein von starren und flüssigen Massen auf der Oberfläche des Mars, sondern auch die Anwesenheit von Wasser, das die nämliche chemische Zusammensetzung wie unser irdisches besitzt, sowie ferner die Existenz einer atmosphärischen Umhüllung jenes Planeten die nicht bedeutend von jener unserer Erde sich unterscheiden mag.

Schon der Umstand, dass die festen Oberflächentheile des Mars nach Beer und Mädler bestimmter, gesonderter und intensiver in ihrem Sommer, formloser, bleicher und verwaschener in ihrem Winter erscheinen lässt auf verschiedene Diaphanitätszustände der Marsatmosphäre schliessen, wie sie in ähnlicher Weise auch bei der unserigen stattfinden.

Wolkenartige Gebilde können bei der verhältnissmässig grossen Entfernung des Planeten nur unter seltenen Umständen für uns sichtbar werden, und in der That hat Herschel im Verlaufe seiner Beobachtungen nur einige Male Andeutungen von dergleichen wahrnehmen können.

Am 16. October 1862 sah Linsser auf der südlichen Hemisphäre des Mars einen intensiv weissen, glänzenden Streifen, höchst wahrscheinlich atmosphärischen Ursprunges, der an Helligkeit fast den Schneezonen gleichkam.

Die Marsflecke erscheinen auf der Mitte der Planetenscheibe am deutlichsten und werden um so schwächer, je mehr sie durch die Rotation dem Rande näher geführt werden.

Dieser Umstand ganz allein schon beweist das Vorhandensein einer Dunsthülle um jenen Planeten. Er kann dereinst, wenn man die jetzt

Digitized by Google

vorhandenen photometrischen Instrumente mit grossen Fernrohren in Verbindung bringen wird, zu wichtigen Resultaten bezüglich der physikalischen Constitution, ja selbst gewisser meteorologischer Processe der Marsatmosphäre führen. Bis jetzt lässt sich über die grössere oder geringere Dichtigkeit der Lufthülle, welche den Planeten umgibt, nichts Genaueres sagen. Die auffallende Lichtschwächung, welche Dominicus Cassini und Römer bei Fixsternen wollen beobachtet haben, die dem Rande der Marsscheibe nahe kamen, und welche sie der Lichtabsorption in der hohen und dichten Lufthülle die jenen Planeten umgebe, zuschrieben, ist weder von Herschel noch von South bestätigt worden.

Aus Bessel's Messungen folgt die Neigung des Marsäquators gegen seine Bahn, oder die Schiefe seiner Ekliptik zu 27° 16′; Herschel hatte früher 28° 42′ gefunden. Sonach ist der Unterschied der Tages- und Jahreszeiten auf dem Mars nicht sehr viel von demjenigen unserer Erde verschieden. Das Sommerhalbjahr der nördlichen Hemisphäre dauert 372, das Winterhalbjahr 296,3 Marstage, für die südliche Halbkugel findet das umgekehrte Verhältniss statt. Dagegen geniesst diese letztere während ihres Sommers eine 1,4 mal bedeutendere Erleuchtung und eine ebensoviel mal bedeutendere Wärme als die nördliche Marshemisphäre, und während ihre Winter lang und kalt, sind ihre Sommer kurz und heiss. „Die bedeutende Ungleichheit (in der Erleuchtung und Erwärmung der beiden Marspole)," sagt Mädler „wird zwar, was das Jahr im Ganzen betrifft, vermöge des in den Wintern sich umkehrenden Verhältnisses völlig ausgeglichen, und selbst für die einzelnen Jahreszeiten findet eine theilweise Compensation statt; allein für die Culminationspunkte der Wärme und Kälte bleibt offenbar ein sehr bedeutender Unterschied übrig: am Südpole sind demnach heissere Sommer und kältere Winter als am Nordpole, und diese Differenz ist viel beträchtlicher als die ähnliche, bekanntlich unmerkliche, auf unserm Erdkörper, da die Excentricität des Mars fünfmal und die Neigung seiner Axe 1,24 mal grösser ist als bei der Erde."

Die so beträchtlichen Differenzen in der Ausdehnung des südlichen Polarflecks sind zum grossen Theile auch dem Umstande beizulegen, dass auf jenem Planeten die Südhalbkugel nicht vorwiegend oceanisch ist, wie auf unserer Erde. Wäre dies der Fall, so würde die Eiszone vielleicht eine noch grössere Ausdehnung besitzen, ihre Grenzen würden aber keineswegs so ungemein grossen Veränderungen unterliegen wie dies jetzt der Fall ist.

Mars besitzt keinen Mond, wenigstens keinen solchen von irgendwie planetarischem Durchmesser. D'Arrest hat die Umgebung des Planeten mit dem grossen Aequatoreal der Kopenhagener Sternwarte genau und andauernd untersucht; aus seiner Arbeit ergibt sich, dass kein Marsmond existirt, der einen Durchmesser von 2 bis 3 Meilen besitzt. Auch würde ein solcher Mond, wegen der geringen Masse seines Hauptplaneten, bei einem scheinbaren mittlern Abstande von 8,2 Bogenminuten zur Zeit der Opposition, schon eine Umlaufszeit von 27,3 Tagen besitzen.

Digitized by Google

Die Gruppe der kleinen Planeten.

Die Gruppe der kleinen Planeten, welche ohne Ausnahme zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter eingeschlossen sind, nimmt eine exclusive Stellung in unserm Planetensysteme ein, einerseits wegen der stark gegen die Ekliptik geneigten, in einander verschlungenen und sehr excentrischen Bahnen, anderseits wegen ihrer Reichhaltigkeit bei ungemein geringer Grösse und Masse der einzelnen Individuen.

Will man diese Planetoidengruppe als eine Zone räumlicher Scheidung zwischen den grossen, mondreichen, schnell rotirenden äusseren, und den dichteren, vielfach mit einander übereinstimmenden inneren Planeten betrachten, so darf man indess nicht übersehen, dass nach unseren dermaligen Kenntnissen diese trennende Zone einen grössern Durchmesser hat, als der Radius der Sphäre, die den inneren Planeten angewiesen ist. Der Raum, der zwischen dem innersten und äussersten bekannten Planetoiden, in den extremen Distanzen derselben liegt, ist dem Durchmesser der Erdbahn an Grösse gleich und übertrifft die halbe grosse Axe der Bahn des Mars um 9 Millionen Meilen. Auf diesem ungeheuren Raume bewegen sich nach unseren jetzigen Kenntnissen 107 Asteroiden, von denen der erste am 1. Januar 1801 zufällig von Piazzi entdeckt wurde, als dieser Astronom einen Druckfehler in Wollaston's Sternverzeichniss, durch Positionsbestimmung am Himmel selbst, berichtigen wollte.

Schon lange vor diesem glücklichen Zufalle hatte eine vergleichende Betrachtung der Planetenintervalle den nimmer ruhenden, speculativen Kepler auf die Idee einer planetenlosen Kluft (hiatus) zwischen Mars und Jupiter gebracht, der er einen, wahrscheinlich wegen seiner ungemeinen Kleinheit noch nicht gesehenen Wandelstern anwies.

Titius bemerkte 1772, dass der Abstand der Planeten ungefähr nach der Formel $4 + 2^{n-2}.3$ zunehme, wenn man den Abstand des Saturn von der Sonne $= 100$ setzt. Dieses etwas prunkvoll sogenannte „Gesetz", das auch Bode's Namen trägt, ward später von Wurm da-

Digitized by Google

durch mit der Wirklichkeit noch etwas mehr in Einklang gebracht, dass der Erdabstand = 1000 angenommen, und die mittlere Distanz der Planeten nach der Formel: $387 + 2^{n-2}. 293$ ausgedrückt wurde. Doch auch in dieser Gestalt bleiben noch bedeutende Differenzen übrig, besonders beim Neptun. Jedenfalls hat diese Progression Nichts zur Entdeckung des grossen Schwarmes kleiner Planetoiden beigetragen, wie man dies wohl bisweilen irrthümlich annehmen hört.

Die erste Nachricht von der Auffindung der Ceres verbreitete sich in Deutschland im April 1801. Man beschrieb den Planeten als Komet ohne Nebel, der bei 56 Grad Entfernung von der Opposition rechtläufig geworden. Aus dieser Bemerkung schlossen Zach und Bode sofort, dass es sich um einen Planeten zwischen Mars und Jupiter handle. Piazzi's erste Beobachtungen reichten vom 1. Januar bis zum 11. Februar 1801. Nach der Conjunction gelang die Wiederauffindung des kleinen Planeten unter Annahme der Gauss'schen Ellipse, Olbers, am 1. Januar 1802, nachdem schon v. Zach die Position des kleinen Gestirns im December 1801 notirt hatte, dasselbe aber erst einige Tage nach Olbers als die Ceres erkannte.

Es ist hier nicht der Ort näher bei den Umständen zu verweilen, mit welchen die bald erfolgenden Entdeckungen dreier neuen Planetoiden von der wissenschaftlichen Welt und dem Publicum aufgenommen wurden. Es genügt nach dem Plane des gegenwärtigen Werkes, eine chronologische Aufzählung der Planetoiden-Entdeckungen, von denen eigentlich nur die drei ersten (Ceres, Pallas, Juno) als zufällige betrachtet werden können, die übrigen waren nothwendige Folgen eines planmässigen Aufsuchens.

Digitized by Google

Nro.	Name	Zeit der Entdeckung	Entdecker	Ort der Entdeckung
1	Ceres	1801 Januar 1.	Piazzi	Palermo
2	Pallas	1802 März 28.	Olbers	Bremen
3	Juno	1804 September 1.	Harding	Lilienthal
4	Vesta	1807 März 29.	Olbers	Bremen
5	Astræa	1845 September 8.	Henke	Driesen
6	Hebe	1847 Juli 1.	Henke	„
7	Iris	„ August 13.	Hind	London
8	Flora	„ October 18.	Hind	„
9	Metis	1848 April 26.	Graham	Markree
10	Hygiea	1849 April 12.	de Gasparis	Neapel
11	Parthenope	1850 Mai 11.	„	„
12	Victoria	„ September 13.	Hind	London
13	Egeria	„ November 2.	de Gasparis	Neapel
14	Irene	1851 Mai 19.	Hind	London
15	Eunomia	„ Juli 29.	de Gasparis	Neapel
16	Psyche	1852 März 17.	„	„
17	Thetis	„ April 17.	Luther	Bilk
18	Melpomene	„ Juni 24.	Hind	London
19	Fortuna	„ August 22.	„	„
20	Massalia	„ September 19.	de Gasparis	Neapel
21	Lutetia	„ November 15.	Goldschmidt	Paris
22	Calliope	„ November 16.	Hind	London
23	Thalia	„ December 15.	„	„
24	Themis	1853 April 5.	de Gasparis	Neapel
25	Phocæa	„ „ 7.	Chacornac	Marseille
26	Proserpina	„ Mai 5.	Luther	Bilk
27	Euterpe	„ November 8.	Hind	London
28	Bellona	1854 März 1.	Luther	Bilk
29	Amphitrite	„ „ 1.	Marth	London
30	Urania	„ Juli 22.	Hind	„
31	Euphrosyne	„ September 2.	Ferguson	Washington
32	Pomona	„ October 26.	Goldschmidt	Paris
33	Polyhymnia	„ „ 28.	Chacornac	„
34	Circe	1855 April 16.	„	„
35	Leucothea	„ April 19.	Luther	Bilk
36	Atalante	„ October 5.	Goldschmidt	Paris
37	Fides	„ „ 5.	Luther	Bilk
38	Leda	1856 Januar 12.	Chacornac	Paris

Digitized by Google

Nro.	Name	Zeit der Entdeckung			Entdecker	Ort der Entdeckung
39	Lätitia	1856	Februar	8.	Chacornac	Paris
40	Harmonia	„	März	31.	Goldschmidt	„
41	Daphne	„	Mai	22.	„	„
42	Isis	„	„	23.	Pogson	Oxford
43	Ariadne	1857	April	15.	„	„
44	Nysa	„	Mai	27.	Goldschmidt	Paris
45	Eugenia	„	Juni	26.	„	„
46	Hestia	„	August	16.	Pogson	Oxford
47	Aglaja	„	September	15.	Luther	Bilk
48	Doris	„	„	19.	Goldschmidt	Paris
49	Pales	„	„	19.	„	„
50	Virginia	„	October	4.	Ferguson	Washington
51	Nemausa	1858	Januar	22.	Laurent	Nismes
52	Europa	„	Februar	4.	Goldschmidt	Paris
53	Calypso	„	April	4.	Luther	Bilk
54	Alexandra	„	September	10.	Goldschmidt	Paris
55	Pandora	„	„	10.	Searle	Albani
56	Melete	1857	September	9.	Goldschmidt	Paris
57	Mnemosyne	1859	„	22.	Luther	Bilk
58	Concordia	1860	März	24.	„	„
59	Elpis	„	September	12.	Chacornac	Paris
60	Danae	„	„	9.	Goldschmidt	„
61	Echo	„	„	15.	Ferguson	Washington
62	Erato	„	„	14.	Förster u. Lesser	Berlin
63	Ausonia	1861	Februar	11.	de Gasparis	Neapel
64	Angelina	„	März	5.	Tempel	Marseille
65	Cybele	„	„	9.	„	„
66	Maja	„	April	10.	Tuttle	Cambridge
67	Asia	„	„	17.	Pogson	Madras
68	Leto	„	„	29.	Luther	Bilk
69	Hesperia	„	„	29.	Schiaparelli	Mailand
70	Panopaea	„	Mai	5.	Goldschmidt	Paris
71	Niobe	„	August	13.	Luther	Bilk
72	Feronia	„	Mai	29.	Safford	Clinton
73	Clytia	1862	April	7.	Tuttle	Cambridge
74	Galatea	„	August	29.	Tempel	Marseille
75	Eurydice	„	September	22.	Peters	Clinton
76	Freya	„	October	21.	D'Arrest	Copenhagen

Digitized by Google

Nr.	Name	Zeit der Entdeckung	Entdecker	Ort der Entdeckung
77	Frigga	1862 November 12.	Peters	Clinton
78	Diana	1863 März 15.	Luther	Bilk
79	Eurynome	„ September 14.	Waston	Ann Arbor
80	Sappho	1864 Mai 2.	Pogson	Madras
81	Terpsichore	„ September 30.	Tempel	Marseille
82	Alcmene	„ November 27.	Luther	Bilk
83	Beatrix	1865 April 26.	de Gasparis	Neapel
84	Clio	„ August 25.	Luther	Bilk
85	Jo	„ September 19.	Peters	Clinton
86	Semele	1866 Januar 4.	Tietjen	Berlin
87	Sylvia	„ Mai 16.	Pogson	Madras
88	Thisbe	„ Juni 15.	Peters	Clinton
89	Julia	„ August 6.	Stephan	Marseille
90	Antiope	„ October 10.	Luther	Bilk
91	Aegina	„ November 4.	Borelli	Marseille
92	Undina	1867 Juli 7.	Peters	Clinton
93	Minerva	„ August 24.	Watson	Ann Arbor
94	Aurora	„ September 6.	„	„
95	Arethusa	„ November 23.	Luther	Bilk
96	Aegle	1868 Februar 17.	Coggia	Marseille
97	Clotho	„ „ 17.	Tempel	„
98	Janthe	„ April 18.	Peters	Clinton
99	Dike	„ Mai 28.	Borelli	Marseille
100	Hekate	„ Juli 12	Watson	Ann Arbor
101	Helena	„ August 15.	„	„
102	Miriam	„ „ 22.	Peters	Clinton
103	Hera	„ September 7.	Watson	Ann Arbor
104	Clymene	„ „ 13.	„	„
105	Artemis	„ „ 16.	„	„
106	Dione	„ October 10.	„	„
107	Camilla	„ November 17.	N. Pogson	Madras
108	Hekuba	1869 April 2.	Luther	Bilk
109	Felicitas	„ October 9.	Peters	Clinton
110	Lydia	1870 April 19.	Borelli	Marseille

Digitized by Google

Tafel der kleinen Planeten.

Nro.	Name	Logarithmus der halben grossen Axe	Excentricitätswinkel	Länge des Perihels	Länge des aufst. Knotens	Neigung	Mittlere tägliche Bewegung	Epoche m. Berl. Zeit.	Berechner
			° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	″		
1	Ceres	0,4419018	4 36 24,0	148 24 16,1	80 49 42,6	10 36 29,9	770,98793	1865 Juni 2,9	Wolfers
2	Pallas	0,4424129	13 53 19,1	122 1 58,8	172 43 44,3	34 42 35,2	769,81730	1865 December 3,0	Galle
3	Juno	0,4266302	14 52 6,7	54 44 14,6	170 52 3,1	13 1 8,9	812,94520	1864 Juni 10	Hind
4	Vesta	0,3730845	5 7 22,6	250 46 23,4	103 24 36,9	7 7 51,1	978,09227	1865 März 11,5	Encke
5	Astræa	0,4111462	10 48 30,1	135 14 48,1	141 26 18,3	5 19 9,0	857,60520	1865 September 19.0	Farley
6	Hebe	0,3846130	11 42 57,4	15 15 33,7	138 39 18,4	14 46 39,9	939,91170	„ März 17,0	R. Luther
7	Iris	0,3777113	13 20 45,2	41 23 2,5	259 47 43,6	5 28 2,3	962,58616	1850 Januar 10	Brünnow
8	Flora	0,3426963	9 0 56,3	32 54 28,3	110 17 48,6	5 53 8,0	1086,33098	1848 Januar 2,0	„
9	Metis	0,3777857	7 5 2,4	71 3 52,1	68 31 35,2	5 36 0,3	962,33898	1858 Juni 30,0	Lesser
10	Hygiea	0,4984692	5 44 56,4	235 10 29,2	286 43 1,8	3 49 0,2	634,31180	1864 Februar 22,0	Zech
11	Parthenope	0,3895083	5 42 54,1	317 14 31,4	125 7 27,9	4 37 1,6	924,15366	1865 März 27,0	R. Luther
12	Victoria	0,3681389	12 38 44,9	301 39 25,0	235 34 41,7	8 23 17,7	994,83472	1851 Januar 0,0	Brünnow
13	Egeria	0,4112000	4 57 19,5	119 24 17,9	43 20 52,8	16 31 40,9	857,45722	1865 Mai 18,5	Günther
14	Irene	0,4126344	9 33 23,7	179 52 6,8	86 42 23,7	9 7 37,5	853,20824	1864 November 28,0	Bruhns
15	Eunomia	0,4222090	10 47 32,2	27 52 0,5	293 52 14,5	11 44 17,4	825,45500	1854 Januar 0,0	Schubert
16	Psyche	0,4658710	7 46 4,7	15 23 47,2	150 32 54,2	3 3 56,1	709,90590	1865 November 24,5	„
17	Thetis	0,3933441	7 22 10,3	260 19 39,0	125 22 9,2	5 36 3,8	911,99070	1864 Juli 11,0	Schönfeld
18	Melpomene	0,3609030	12 34 20,2	15 5 31,0	150 3 49,7	10 9 16.9	1020,11980	1854 Januar 0,0	Schubert
19	Fortuna	0,3876685	9 2 46,7	30 20 32,3	211 27 18,2	1 32 30,2	930,04477	1860 November 8,0	Powalky

Digitized by Google

20	Massalia	0,3818020	8	17	0,7	98	22	9,0	206	44	14,7	0	41	11,2	949,08158	1865	Februar	9,5	Günther
21	Lutetia	0,3865777	9	19	33,9	327	3	11,9	80	27	48,9	3	5	9,5	933,55542	1853	Januar	2,0	Lesser
22	Calliope	0,4637728	5	47	41,0	56	29	30,1	66	38	26,5	13	45	23,0	715,06800	1864	Januar	0,0	Oppolzer
23	Thalia	0,4196230	13	25	40,0	123	51	51,7	67	40	18,4	10	13	26,1	832,85850	1865	December	26,0	Schubert
24	Themis	0,4973523	6	42	52,9	140	8	26,5	36	12	12,6	0	48	52,1	636,76345	1864	August	20,0	Krüger
25	Phocäa	0,3803600	14	43	58,4	302	49	53,4	214	5	7,3	21	24	36,3	953,82327	1865	November	12,0	Günther
26	Proserpina	0,4242399	5	0	37,3	236	25	15,0	45	54	59,3	3	35	47,7	819,68468	1853	Juni	11,0	Hoek
27	Euterpe	0,3704820	9	59	32,9	87	35	12,9	93	47	9,3	1	35	30,2	986,92677	1864	December	31,0	Günther
28	Bellona	0,4438057	8	37	57,5	122	55	29,6	144	41	9,9	9	21	26,3	766,12228	1862	März	24,0	Bruhns
29	Amphitrite	0,4072960	4	14	21,8	57	9	52,5	356	29	45,1	6	7	47,1	869,08875	1864	November	1,0	Günther
30	Urania	0,3739200	7	16	6,3	31	28	57,9	308	9	39,2	2	6	6,9	975,27438	1865	August	18,0	„
31	Euphrosyne	0,4984915	12	43	8,8	93	46	32,5	31	31	0,4	26	27	16,4	634,26310	1865	September	19,0	Winnecke
32	Pomona	0,4127627	4	43	43,7	194	21	32,1	220	48	14,5	5	29	5,0	852,82990	1855	Januar	5,0	Lesser
33	Polyhymnia	0,4571770	19	46	47,2	342	31	2,9	342	7	19,6	1	56	18,4	731,54690	1864	December	10,0	Schubert
34	Circe	0,4291871	6	9	37,0	150	3	6,6	150	30	7,5	5	27	33,5	805,79741	1865	August	20,0	Auwers
35	Leucothea	0,4778090	12	21	49,5	201	31	37,4	201	51	39,4	8	10	47,9	681,22870	1865	Februar	7,0	Schubert
36	Atalanta	0,4386670	17	31	21,3	42	49	15,6	42	10	32,9	18	42	14,4	779,83900	1864	August	24,5	„
37	Fides	0,4218268	10	10	46,1	66	20	17,3	8	12	29,4	3	7	12,3	826,54485	1863	October	5,0	Tiele
38	Leda	0,4377740	8	56	30,7	100	51	44,3	296	27	34,9	6	58	25,3	782,25000	1856	Januar	0,0	Allé
39	Lätitia	0,4431183	6	36	58,9	2	57	50,6	157	19	44,5	10	29	23,2	767,94339	1863	December	24,0	Schjellerup
40	Harmonia	0,3555899	2	39	16,4	1	2	41,7	93	34	23,7	4	15	52,3	1039,01487	1863	Mai	12,0	Powalky
41	Daphne	0,4417978	15	34	18,1	220	58	29,4	179	1	56,8	15	59	33,6	771,45370	1863	Januar	1,0	Carl
42	Isis	0,3873968	13	2	20,6	317	59	37,5	84	31	11,3	8	34	30,0	930,91780	1860	Januar	1,0	Seeling
43	Ariadne	0,3430944	9	39	4,2	277	53	58,4	264	36	3,4	3	27	40,5	1084,83840	1864	Januar	1,0	Weiss
44	Nysa	0,3844300	8	38	48,8	111	28	36,2	131	3	3,0	3	41	43,0	940,50608	1860	Januar	28,0	Powalky
45	Eugenia	0,4348552	4	33	56,5	230	21	13,9	148	4	53,4	6	35	20,4	790,17590	1863	November	27,0	Löwy
46	Hestia	0,4024592	9	28	40,2	354	45	36,8	181	35	24,9	2	17	35,8	883,72626	1865	Januar	0,0	Karlinsky

Digitized by Google

Tafel der kleinen Planeten

(Fortsetzung).

Nro.	Name	Logarithmus der halben grossen Axe	Excentricitätswinkel	Länge des Perihels	Länge des aufst. Knotens	Neigung	Mittlere tägliche Bewegung	Epoche m. Berl. Zeit.	Berechner
			° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	″		
47	Aglaja	0,4595800	7 35 15,7	314 3 45,0	4 12 34,2	5 0 8,5	725,49870	1859 Juni 17,0	Powalky
48	Doris	0,4926769	4 23 42,9	74 20 42,4	185 5 29,6	6 29 28,2	647,12954	1862 Juli 25,0	„
49	Pales	0,4889025	13 43 18,3	32 14 49,7	290 32 17,4	3 8 46,4	655,62089	1863 November 14,0	„
50	Virginia	0,4230907	16 40 22,5	9 53 21,4	173 31 59,2	2 47 48,4	822,94439	1863 Januar 18,0	„
51	Nemausa	0,3739589	3 47 38,7	174 56 8,2	175 42 59,4	9 56 55,6	975,14288	1865 Januar 17,0	Tietjen
52	Europa	0,4913564	5 49 14,3	101 56 14,8	129 57 16,0	7 24 41,0	650,08770	1858 Januar 0,0	Murmann
53	Calypso	0,4181060	11 45 4,1	92 59 47,5	144 0 0,0	5 6 36,0	837,23352	1864 August 15,5	Günther
54	Alexandra	0,4333401	11 21 24,0	295 27 8,7	314 5 8,4	11 46 41,9	794,32164	1863 November 14,0	Schultz
55	Pandora	0,4407624	8 19 19,2	11 9 47,8	10 52 9,6	7 13 49,8	774,2176	1863 October 25,0	Möller
56	Melete	0,4142876	13 43 47,5	293 36 52,9	194 27 0,3	8 1 50,5	848,35026	1864 Februar 14,0	R. Luther
57	Mnemosyne	0,4991820	5 58 9,3	53 10 3,9	200 5 29,9	15 8 13,5	632,75223	1859 October 3,4	Rogers*)
58	Concordia	0,4313011	2 24 18,9	186 59 58,8	161 16 42,0	5 1 54,6	799,93563	1860 April 23,0	Oppolzer
59	Elpis	0,4334612	6 43 39,2	18 17 10,6	170 19 59,6	8 37 14,0	793,96967	1864 Juli 31,0	„
60	Echo	0,3789586	10 38 45,2	98 31 57,9	192 1 32,6	3 34 17,8	958,44825	1865 Januar 0,0	Peters
61	Danaë	0,4747497	9 30 2,0	341 34 56,1	334 18 35,9	18 17 10,0	688,46524	1860 September 29,0	R. Luther
62	Erato	0,4954961	9 46 4,3	34 8 29,1	126 11 42,1	2 12 17,5	640,85901	1865 Mai 7,0	Schmidt
63	Ausonia	0,3792817	7 13 29,6	269 30 38,2	338 6 59,2	5 47 15,4	957,30851	„ April 17,0	Tietjen
64	Angelina	0,4282177	7 25 7,5	123 43 38,9	311 7 25,4	1 19 53,6	808,49998	1861 Mai 28,0	Oppolzer
65	Cybele	0,534092	6 54 36,4	258 20 36,9	158 53 34,8	3 28 9,8	560,87750	1861 Januar 0,0	Fritsche

*) Epoche in mittlerer Zeit von Washington.

66	Maja	0,4253695	7	41	45,5	38	13	2,8	3	15	11,0	3	2	24,0					
67	Asia	0,3841214	10	39	52,8	306	4	47,7	202	41	2,9	5	59	39,1	941,59900	1867 Januar	7,0	Frischauf
68	Leto	0,444604	10	54	46,6	344	32	4,5	44	53	10,5	7	58	16,0	764,01330	„ „	0,0	Wolf
69	Hesperia	0,473004	10	0	38,3	109	6	25,4	187	1	7,5	8	29	19,2	692,63000	1861 Juni	3,0	Celoria
70	Panopäa	0,4171253	10	32	44,2	300	2	16,8	48	14	47,3	11	38	28,6	840,07601	„ Mai	28,0	Dunèr
71	Niobe	0,439351	10	9	48,7	222	18	15,0	316	22	12,2	23	19	4,2	777,99000	1864 Februar	2,0	Tietjen
72	Feronia	0,3551417	6	51	46,4	307	55	31,5	207	44	31,8	5	23	32,3	1040,62425	1865 Januar	0,0	Peters
73	Clytia	0,4259550	2	27	0,5	59	59	11,1	7	34	19,1	2	34	39,5	814,84380	1864 October	4,0	Oppolzer
74	Galatea	0,4436860	13	46	49,1	7	21	19,9	197	58	9,0	3	58	54,6	766,43900	1865 Januar	0,0	Falgel
75	Eurydice	0,4264807	17	52	22,4	334	20	56,8	359	57	6,0	5	0	2,7	813,36535	1865 December	13,0	Engelmann
76	Freia	0,5297420	10	47	17,2	92	51	5,5	213	2	12,4	2	1	51,9	569,36990	1862 October	24,5	Oppolzer
77	Frigga	0,4268241	7	48	20,4	58	10	41,8	2	8	39,0	2	27	56,2	812,40096	1865 Januar	0,0	Peters
78	Diana	0,4189045	11	46	11,6	121	54	17.6	333	59	6,5	8	38	29,4	834,92950	1863 März	9,0	Spengler
79	Eurynome	0,3879771	11	15	0,4	44	18	8,8	206	42	42,7	4	36	46,6	929,05400	1864 Januar	1,0	Tischler
80	Sappho	0,3611780	11	33	53,8	354	55	25,6	218	29	12.6	8	36	22,1	1019,15350	1864 Mai	5,0	Tietjen
81	Terpsichore	0,4562210	12	16	57,3	46	7	16,8	2	30	47,4	7	55	22,0	733,96500	1865 Januar	0,0	Asten
82	Alcmene	0,4415608	13	17	29,4	131	12	48,2	26	50	32,6	2	50	34,3	772,08550	1865 Januar	0,0	Oppolzer
83	Beatrix	0,4028880	7	58	24,5	209	49	2,9	27	38	27,7	4	45	37,0	882,42	1865 Mai	9,44075	Becker
84	Clio	0,3732474	13	39	34,8	339	11	16,4	327	21	16,7	9	22	15,6	977,54220	1865 November	13,0	Valentiner
85	Jo	0,4238772	11	0	53,1	322	32	8,9	203	52	33,4	11	53	12,8	820,71200	1866 Januar	0,0	Peters
86	Semele	0,4900690	11	49	36,5	28	39	3,9	87	55	49,6	4	47	44,6	652,98480	1866 Januar	8,0	Tietgen
87	Sylvia	0,5431620	4	39	22,6	337	21	30.0	76	23	41,3	10	51	22,0	543,58	1866 Mai	16,417	Peters
88	Thisbe	0,4408130	9	35	4,9	304	38	49,0	277	28	4,2	5	9	39,3	774,08200	1866 Juli	22,0	Tietgen
89		0,4038480	11	49	47,1	358	14	29,1	311	28	19,0	15	13	9,4	879,59	1866 August	0,0	Knorre
90	Antiope	0,4993618	11	39	2,7	294	2	27,2	71	0	23,4	2	17	25,1	632,35913	1866 October	18,0	Vogel
91	Aegina	0,4079624	5	4	27.2	74	15	34,5	11	18	25,5	2	9	24,6	867,0876	1866 December	21,0	Valentiner
92	Undina	0,5044460	5	43	56,9	223	25	18,5	102	53	43,0	9	57	37,7	621,352	1867 August	10,5	Tietjen

Digitized by Google

Gleichwie die Auffindung der ersten Planetoiden, deren Helligkeit zwischen 6,5. und 9. Grösse variirt, zur Construction von Ekliptikalkarten geführt, so leitete die abnehmende Grösse, bei zunehmender Menge jener kleinen Planeten, im Verlaufe von weniger als einem halben Jahrhunderte dahin, den Himmelskarten eine immer grössere Ausdehnung bezüglich der kleinsten Sterne, fast möchte ich sagen, eine immer grössere Tiefe, zu geben. An der Grenze, bei der man jetzt angelangt, wo die neuesten Planeten die 11. Grössenclasse nur sehr ausnahmsweise mit hellerm Glanze überschreiten, muss man gleichmässig bewundern den Fleiss und die Geschicklichkeit derer, die neue Planeten entdecken und zugleich die kleinsten Fixsterne in die Karten eintragen. Die glücklichsten Planetenentdecker wie Luther, Chacornac, Hind u. A. sind auch diejenigen, bei denen sich die durch eigene Arbeit vervollständigten, reichhaltigsten Himmelskarten befinden.

Es scheint im Allgemeinen, als wäre die Hauptmasse der Asteroiden schon entdeckt, und es bleibe nur noch eine weniger ergiebige Nachlese zwischen den kleinsten teleskopischen Fixsternen übrig. Beweis für diese Behauptung ist die Thatsache, dass bei besseren Hülfsmitteln und grösserer Zahl der Beobachter, die Menge der neu aufgefundenen Wandelsterne nicht in gleichem Maasse zu-, sondern weit eher abnimmt.

Vergleicht man die mittleren Distanzen, Excentricitäten und die Anzahl der zwischen gewissen Radienvectoren als vorhanden erkannten und bezüglich ihrer Bahnelemente genauer berechneten Planetoiden mit einander, so hat man:

mittlere Entfernung	mittlere Excentricität	Anzahl der zugezogenen Planetoiden
2,20 — 2,59	0,156	37
2,60 — 2,99	0,180	40
3,00 — 3,49	0,152	14

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich sofort, dass die überwiegend grösste Anzahl der Asteroiden innerhalb einer Distanz von 2,2 bis 3,0 von der Sonne bekannt ist, sowie ferner bezüglich der Excentricitäten, dass diese im Mittel ihren grössten Werth bei denjenigen Planetoiden behaupten, deren halbe grosse Axe zwischen 2,6 und 3,0 liegt, überhaupt wie eine specielle Untersuchung leicht zeigt, bei denjenigen Asteroiden, die nahe gleichweit von der Sonne und dem Jupiter sich befinden. Die grösseren Neigungen der Bahn sind durchgängig mit grösseren Excentricitäten vereinigt. Im Mittel haben diejenigen kleinen Planeten, deren Inclination gegen die Projectionsebene der Ekliptik 10 Grad überschreitet, eine $^1/_4$ grössere Excentricität als die übrigen.

Vergleicht man die Bahnelemente der einzelnen Asteroiden mit einander, so finden sich häufig je zwei und zwei bezüglich der grossen Axen, der Excentricitäten und der Neigungen so nahe verwandt, dass man sie als Paare betrachten darf. Von solchen habe ich folgende unterscheiden zu dürfen geglaubt:

Digitized by Google

Planetoiden	Halbe grosse Axe	Excentricität	Neigung der Bahn
Melpomene	2,296	0,200	10,2 Grad
Sappho	2,296	0,219	8,6 „
Iris	2,386	0,231	5,5 „
Metis	2,387	0,123	5,6 „
Echo	2,393	0,185	3,6 „
Ausonia	2,394	0,125	5,8 „
Asia	2,420	0,185	6,0 „
Nysa	2,423	0,150	3,7 „
Fortuna	2,442	0,157	1,6 „
Eurynome	2,444	0,195	4,6 „
Diana	2,626	0,207	8,7 „
Thalia	2,628	0,232	10,2 „
Frigga	2,674	0,136	2,3 „
Angelina	2,681	0,129	1,3 „
Pales	3,084	0,237	3,1 „
Semele	3,091	0,205	4,8 „
Themis	3,142	0,117	0,8 „
Hygiea	3,149	0,100	3,8 „

Obgleich die Elemente bedeutenden säcularen Variationen unterworfen sind, so ist doch die Wahrscheinlichkeit einer zufälligen Nebeneinandergruppirung von je zwei nahe gleich gestalteten Bahnen eine sehr geringe.

Von anderen Betrachtungen (über die periodisch grosse Annäherung von Ceres und Pallas) ausgehend, war schon früh der scharfsinnige Olbers auf die Vermuthung gekommen, es möchten die kleinen Planeten Fragmente eines vor Zeiten zertrümmerten grossen Wandelsternes sein. Nach dem gegenwärtigen Zustande unseres Wissens bleibt es unentschieden, ob wir in der Vielheit der Asteroidenwelt die Folgen eines kosmischen Ereignisses, oder das Resultat von einem uranfänglichen Gestaltungsprocesse zu erblicken haben. —

In den ersten Jahren nach Entdeckung der vier grösseren Asteroiden, glaubte man bedeutende periodische Lichtänderungen derselben wahrzunehmen, die von Olbers und Schröter theils durch eine unregelmässige Gestalt, theils durch veränderliche Atmosphäre und Lichtentbindung jener

Digitized by Google

Weltkörper erklärt wurden. Diese heute vielfach als irrig angenommenen Beobachtungen verdienen neue und genauere Untersuchung. Nach den Wahrnehmungen, welche Fergusson im März 1851 an der Victoria, Goldschmidt 1863 an dem Planetoiden Pales gemacht, scheinen diese beiden thatsächliche Schwankungen im Lichtglanze darzubieten, die bei dem letztgenannten Gestirne nach Goldschmidt auf eine vierundzwanzigstündige Rotation deuten würden.

Die Farbe der Asteroiden ist nicht allenthalben gleich, Vesta scheint etwas bläulich, Ceres und Flora sollen bisweilen röthlich schimmern.

Keiner der Planetoiden zeigt eine deutliche Scheibenform, vergleichbar den Jupitersmonden. Schröter glaubte zwar bei der Pallas auf einen Durchmesser von 380 Meilen schliessen zu müssen, allein die gleichzeitigen Schätzungen Herschel's geben nur 22, Lamont's spätere Messungen 145 Meilen. Den Durchmesser der Ceres bestimmte Schröter zu 3,48″ = 352 Meilen; dagegen fand ihn Herschel 0,351″ = 35 Meilen, doch glaubt der berühmte Beobachter, dass den Planeten eine Atmosphäre umhülle, die seinen Durchmesser 4 bis 5 mal übertreffe. Mädler's Messungsversuche im Dorpater Refractor geben der Vesta einen Durchmesser von 66 Meilen. Es ist unzweifelhaft, dass die Wirkung der Irradiation die genaue Bestimmung der kleinen Winkeldurchmesser mehr als problematisch macht. Ein vergleichungsweise sichrerer Weg zur Kenntniss der wahren Grössen der Asteroiden zu gelangen, bietet sich in gewissen optischen Verhältnissen, welche die Photometrie des Himmels näher entwickelt. Unter Voraussetzung, dass das Reflexionsvermögen der Planetoiden im Mittel jenem der alten Planeten gleich sei, finde ich aus meinen photometrischen Untersuchungen folgende Formel zur Bestimmung der Asteroiden-Durchmesser:

$$log\ d = \{2{,}2566\} + log\ a + log\ (a-1) - \{0{,}1742\}\ n$$

wo die in { } eingeschlossenen Zahlen Logarithmen sind und d den Durchmesser, a die halbe grosse Axe der Bahn und n die mittlere Oppositionshelligkeit des betreffenden kleinen Planeten bezeichnet. Nach dieser Formel sind die Durchmesser in der folgenden Tafel abgeleitet worden.

Digitized by Google

Mittlere Oppositionshelligkeiten und wahre Durchmesser der kleinen Planeten.

Nro.	Name	Helligkeit in mittlerer Opposition	Durchmesser	Nro.	Name	Helligkeit in mittlerer Opposition	Durchmesser
1	Ceres	7,4 Grösse	46,2 geogr. Meilen	34	Circe	11,5 Grösse	8,1 geogr. Meilen
2	Pallas	8,0 „	35,8 „	35	Leucothea	12,1 „	8,5 „
3	Juno	8,5 „	26,7 „	36	Atalanta	12,9 „	4,9 „
4	Vesta	6,5 „	42,9 „	37	Fides	10,7 „	10,7 „
5	Astrāa	10,0 „	13,3 „	38	Leda	10,9 „	10,8 „
6	Hebe	8,4 „	21,4 „	39	Lätitia	8,6 „	28,3 „
7	Iris	8,3 „	19,4 „	40	Harmonia	9,1 „	13,5 „
8	Flora	8,8 „	14,0 „	41	Daphne	10,2 „	14,7 „
9	Metis	8,9 „	16,8 „	42	Isis	10,9 „	8,0 „
10	Hygiea	9,5 „	27,1 „	43	Ariadne	10,0 „	8,7 „
11	Parthenope	9,4 „	14,8 „	44	Nysa	10,7 „	8,5 „
12	Victoria	10,0 „	10,2 „	45	Eugenia	11,6 „	8,0 „
13	Egeria	9,5 „	16,3 „	46	Hestia	10,5 „	6,9 „
14	Irene	9,6 „	15,7 „	47	Aglaja	11,4 „	10,1 „
15	Eunomia	8,5 „	26,0 „	48	Doris	11,4 „	12,2 „
16	Psyche	9,5 „	11,2 „	49	Pales	10,8 „	15,3 „
17	Thetis	10,6 „	9,4 „	50	Virginia	12,4 „	5,5 „
18	Melpomene	9,5 „	11,9 „	51	Nemausa	10,4 „	9,0 „
19	Fortuna	9,5 „	14,1 „	52	Europa	10,5 „	17,4 „
20	Massalia	9,1 „	15,9 „	53	Calypso	11,5 „	7,6 „
21	Lutetia	10,8 „	6,6 „	54	Alexandra	11,0 „	10,2 „
22	Calliope	10,4 „	15,4 „	55	Pandora	10,9 „	11,1 „
23	Thalia	10,5 „	11,4 „	56	Melete	11,5 „	7,4 „
24	Themis	12,0 „	9,9 „	57	Mnemosyne	10,5 „	18,2 „
25	Phocāa	10,5 „	8,9 „	58	Concordia	11,5 „	8,2 „
26	Proserpina	10,8 „	10,5 „	59	Elpis	11,5 „	8,3 „
27	Euterpe	10,2 „	9,6 „	60	Danaë	11,0 „	7,3 „
28	Bellona	10,5 „	13,2 „	61	Echo	11,7 „	9,8 „
29	Amphitrite	9,1 „	18,7 „	62	Erato	11,8 „	10,6 „
30	Urania	9,7 „	11,9 „	63	Ausonia	10,0 „	10,9 „
31	Euphrosyne	11,3 „	13,2 „	64	Angelina	10,0 „	14,7 „
32	Pomona	10,8 „	9,8 „	65	Cybele	11,5 „	14,8 „
33	Polyhymnia	11,3 „	10,4 „	66	Maja	12,7 „	4,9 „

Digitized by Google

Mittlere Oppositionshelligkeiten und wahre Durchmesser der kleinen Planeten.

(Fortsetzung.)

Nro.	Name	Helligkeit in mittlerer Opposition	Durchmesser	Nro.	Name	Helligkeit in mittlerer Opposition	Durchmesser
			geogr.				geogr.
67	Asia	10,8 Grösse	8,2 Meilen	80	Sappho	12,0 Grösse	4,4 Meilen
68	Leto	10,3 „	14,4 „	81	Terpsichore	12,5 „	9,8 „
69	Hesperia	12,0 „	8,6 „	82	Alcmene	12,5 „	9,5 „
70	Panopea	11,0 „	9,2 „	83	Beatrix	11,5 „	8,3 „
71	Niobe	10,5 „	8,1 „	84	Clio	12,5 „	3,9 „
72	Feronia	11,0 „	6,3 „	85	Io	11,5 „	9,8 „
73	Clytia	12,0 „	6,5 „	86	Semele	12,5 „	16,0 „
74	Galatea	11,0 „	10,8 „	87	Sylvia		
75	Eurydice	11,0 „	10,0 „	88	Thisbe		
76	Freia	12,0 „	11,8 „	89			
77	Frigga	12,0 „	6,5 „	90	Antiope		
78	Diana	11,5 „	7,6 „	91	Aegina		
79	Eurynome	11,0 „	7,7 „	92	Undina		

Diese Methode der Berechnung der Planetoidendurchmesser verdient gewiss vor derjenigen, welche Stone anwendet, den Vorzug, indem letztere von den wenig sicheren und sehr disharmonirenden directen Messungen Herschel's und Lamont's ausgeht, die oben in ihren Resultaten mitgetheilt wurden.

Leverrier hat früher aus den Bewegungen des Mars-Perihels geschlossen, dass die Gesammtmasse der Planetoiden zwischen den Radienvectoren 2,20 — 3,16, nicht $^1/_3$ der Erdmasse übersteigen könne. Dieser Schluss ist indess heute nicht mehr gültig, da durch die seitdem grösser gefundene Sonnenparallaxe, die Consequenzen Leverrier's ihre Grundlage verlieren. Von der Gesammtmasse der Planetoiden weiss man gegenwärtig nur, dass sie sich durch Geringfügigkeit jeder Wahrnehmung in den seitherigen Beobachtungen entzieht.

Digitized by Google

Jupiter.

Jupiter, der Osiris der Egypter, den die Griechen bisweilen *Φαέθων*, und die Indier aus nicht bekannten Gründen *Brihaspati* (Herr des Wachsens) nannten, ist nächst dem Centralgestirn der massigste Körper in unserm Planetensysteme. Sein mittlerer Abstand von der Sonne beträgt 5,2027980 und seine siderische Umlaufszeit $4332^d,584821$ oder 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 2 Minuten 8,5 Secunden.

Die Excentricität der Bahn beträgt (1860) 0,0481594 mit einer Zunahme von $(0,0000012993 - 0,0000000000236t)t$. Die Länge des Perihels ist $11^0\ 7'\ 37,72''$ mit einer tropischen Zunahme von $(56'',615 + 0'',0002892t)t$. Die Länge des aufsteigenden Knotens beträgt $98^0\ 26''\ 34,1''$ und nimmt tropisch um $(36'',557 + 0'',0007159t)t$ zu. Die Neigung der Jupitersbahn gegen die Ekliptik ist $1^0\ 18'\ 52,6''$ mit einer Abnahme von $(0'',2015 + 0'',00001401t)t$.

Der mittlere scheinbare Aequatorealdurchmesser des Jupiter beträgt nach Arago's Messungen (in den Jahren 1832 bis 1845) 38,01″, der Polardurchmesser 35,79″, die Abplattung also $\frac{1}{17,1}$. Diesen Winkelgrössen entsprechen lineare Dimensionen von resp. 19060 und 17950 geographischen Meilen.

Nach Mädler's Messungen sind dagegen die scheinbaren Durchmesser Jupiters in der Entfernung 5,2 gleich 38,4″ und 35,9″, die Abplattung also $\frac{1}{15,4}$.

Jupiter hat 1289 mal mehr Volum als die Erde und da seine Masse nach Bessel's genauen Bestimmungen $\frac{1}{1047,9}$ der Sonnenmasse ist, so folgt seine Dichtigkeit zu 0,24. Die Fallhöhe auf der Oberfläche des Jupiter beträgt in der ersten Secunde 33,3 pariser Fuss unter dem Aequator des Planeten.

Jupiter glänzt in nicht scintillirendem, gelblichem Lichte, dessen mittlere Intensität nach Zöllner's Messungen $\frac{1}{5472\,000\,000}$ des Sonnenlichtes beträgt.

Galilei behauptet bemerkt zu haben, dass das Licht des Jupiter bei der Opposition dieses Planeten intensiv genug sei, Schatten zu erzeugen.

Nach den Untersuchungen von Moll scheint Torricelli der Erste gewesen zu sein, der auf der Jupitersscheibe Streifen wahrgenommen hat.

Digitized by Google

Diese Beobachtungen wurden nach dem Zeugnisse von Riccioli später, am 17. Mai 1630, von Zucchi in Rom so weit bestätigt, dass auch dieser Beobachter Streifen erblickte, die noch 1633 vorhanden waren. Im Jahre 1647 waren sie indess verschwunden, denn Hevel sah damals wohl dunkle Flecke, aber keine Spur von Streifen. Nach Cassini sollen diejenigen Streifen, welche dieser berühmte Astronom 1691 beobachtete, schon seit 40 Jahren bestanden haben.

Man hat zweierlei Arten von Streifen auf der Jupitersscheibe zu unterscheiden. Die einen entstehen und vergehen wieder in wenigen Tagen und selbst Stunden, sie erstrecken sich auch nicht über die ganze Scheibe. Die grösseren Streifen hingegen, welche eine oft Jahre lange Dauer besitzen, treten vor jenen eben genannten entschiedener hervor; zwar reichen auch sie keineswegs bis zu den Rändern der Planetenscheibe, allein diese Erscheinung erklärt sich nach denselben optischen und photometrischen Gesetzen, deren bereits oben bei einem analogen Phänomen auf der Marsscheibe gedacht wurde.

Die Anzahl der unter sich parallelen dunkeln Streifen ist verschieden. Durchgängig sind zwei Hauptbanden vorhanden. In der ersten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts war im Allgemeinen nach Arago's Messungen der südliche Streifen der breitere. Seine Breite betrug im Mittel 0,156 vom Durchmesser des Planeten, während jene des nördlichen nur 0,121 ausmachte, was einem wahren Unterschiede der Breite von 700 Meilen entspricht.

Aus den Messungen Arago's scheint ferner hervorzugehen, dass die Lage der Streifen gegen den Aequator des Jupiter periodischen Aenderungen unterliegt.

Nach Mädler's Beobachtungen nahm der nördliche Streifen, nachdem er im November 1834 von gleicher Intensität wie der südliche gewesen war, im folgenden Monate auffallend an Deutlichkeit ab, und während der südliche an Bestimmtheit und Schwärze zugenommen, verschwand der andere im Februar 1835 fast gänzlich. Dagegen theilte sich im Winter 1835 bis 1836 der südliche Streifen, so dass nunmehr Jupiter wieder zwei Streifen und eine schmale Mittelzone besass.

Cassini sah am 16. December 1690 neben den beiden Hauptstreifen noch zwei nördlicher und zwei südlicher liegende, sämmtlich einander parallel laufende Streifen. Neuere Beobachter bestätigen, dass bisweilen ein grosser Theil der Jupiterscheibe von parallelen Streifen bedeckt ist, und überhaupt in jeder Breite auf diesem Planeten Streifenbildung eintreten kann.

Im Jahre 1835 fanden Beer und Mädler, dass der südliche Streifen eine kleine Neigung von 49,5′ gegen den Jupiteräquator besitze und Chacornac will ein ähnliches Resultat erhalten haben, doch ist diese Neigung immerhin so gering, dass man sie vorläufig als in den Beobachtungsfehlern liegend ansehen darf.

Digitized by Google

Wie bereits bemerkt, sind die beiden Hauptstreifen durch eine hellere Zone von einander geschieden, und Arago fand am 13. und 14. Juni 1814, dass in einem ziemlich grossen Raume an den Polen des Planeten das von dort reflectirte Licht wenigstens zwei Mal schwächer erscheint, als das aus der Aequatorealzone kommende. Wenn die Streifen keineswegs überall von gleicher Intensität erscheinen, wenn sie vielmehr knotenartige Verdichtungen, hellere und dunklere Parthieen zeigen, so muss man doch wohl von diesen unterscheiden die eigentlichen Flecke, die zuerst von Cassini im Jahre 1665 wahrgenommen wurden. Sie stehen innerhalb der Streifen und sind veränderlich wie diese, doch hängt ihre Ab- und Zunahme nicht direct mit derjenigen der minder dunkeln Streifen zusammen. Dies folgt aus Beobachtungen, bei welchen im Verlaufe einer längern oder kürzern Zeit die Streifen verschwanden und gleichwohl einzelne Flecke ununterbrochen fortdauerten. Diese gehören keineswegs der fixen Oberfläche des Planeten an, solches beweist nicht allein die Veränderlichkeit ihrer Form, sondern bei weitem einwurfsfreier die Veränderlichkeit ihres gegenseitigen Abstandes.

Nach Schwabe erscheinen die Jupiterflecke bisweilen unter günstigen Umständen, kleinen Kernflecken der Sonne ähnlich, und Humboldt hat, hierauf fussend, die Vermuthung ausgesprochen, dass in solchen Fällen der Kern vielleicht ein Theil der Oberfläche des Planeten sein könne. Doch ist diese Hypothese ganz unbegründet und, als Verpflanzung der Trichterhypothese in die Jupiterswelt, um so mehr zu verwerfen.

Schon Cassini fand aus seinen ersten Beobachtungen der Flecke eine Rotation des Jupiter von $9^h\ 56^m$, doch ergaben seine weiteren Untersuchungen im Jahre 1690 die Umdrehungszeit zu $9^h\ 51^m$; neue Arbeiten 1692, lieferten sogar den noch geringeren Werth von $9^h\ 50^m$. Diese Incongruenzen führten schon damals auf die Vermuthung, dass die beobachteten Flecke eine eigene Bewegung auf der Jupitersscheibe hätten, ähnlich vom Winde getriebenen Wolken unserer Atmosphäre. Herschel gab gleichzeitig mit der Bestätigung der Cassini'schen Wahrnehmungen zuerst genauere Resultate. Seine Beobachtungen vom Jahre 1778 ergaben die Rotation zwischen $9^h\ 55^m\ 40^s$ und $9^h\ 54^m\ 53^s$; ein heller Fleck in der Nähe des Aequators lieferte im folgenden Jahre Werthe, welche zwischen $9^h\ 50^m\ 48^s$ und $9^h\ 51^m\ 45^s$ schwankten.

Aus diesen Wahrnehmungen ergab sich, dass die dunkeln Flecke bisweilen eine eigene Bewegung von 250′ in der Secunde besitzen; ähnliche Beobachtungen Schröter's lieferten Bewegungen von 17′ und 348′. Später glaubte der letztgenannte Astronom aus einigen Wahrnehmungen gar auf Eigenbewegungen der Jupitersflecke von 10 000′ in der Secunde schliessen zu dürfen, Geschwindigkeiten, die nicht allein unsere heftigsten Stürme weit hinter sich zurücklassen, sondern selbst den Schall acht bis neun mal übertreffen würden. Doch haben sich derartige Schlüsse in sämmtlichen nachfolgenden Beobachtungen nicht bestätigt.

Digitized by Google

Am 4. November 1834 begannen Beer und Mädler eine Reihe von Beobachtungen der Jupiterflecke, hauptsächlich zur Ableitung einer genauen Rotationsperiode, die sie bis zum 19. April 1835 fortsetzten. Zwei Flecke, die im nördlichen Hauptstreifen des Planeten jovicentrisch etwa 24 Grad von einander entfernt standen und eine jovigraphische Breite von + 5 Grad hatten, ergaben keine gleichförmige Rotationsperiode. Die Beobachter schlossen hieraus mit Recht, dass sie keine Oberflächentheile Jupiters, sondern allem Anscheine nach atmosphärische Producte, Analoga unserer Wolken wahrgenommen. Ihre verhältnissmässige Grösse, Intensität und Constanz unterscheidet sie allerdings wesentlich von den Erdwolken. Als definitives Resultat nehmen beide Astronomen denjenigen Rotationswerth an, der aus den Beobachtungen vom 9. Februar bis zum 10. April folgte, während welcher Zeit beide Flecke eine fast gänzlich übereinstimmende Rotation ergaben und keinen merklichen eigenen Bewegungsunterschied zeigten. Diese Umdrehungsperiode beträgt $9^h 55^m 26{,}5324''$ mit einer Unsicherheit von $0{,}1733''$. Die Beobachtungen vor dem 9. Februar ergaben für beide Flecke eine Aenderung der gegenseitigen Entfernung, doch bleibt diese eigene Bewegung, von 16 bis 21 Meilen täglich, noch weit hinter der Schnelligkeit eines gewöhnlichen Windes auf unserer Erde zurück.

Nahe um die nämliche Zeit hat auch Airy in Greenwich den Jupiter behufs der Rotationsbestimmung verfolgt und als Umdrehungsperiode erhalten $9^h 55^m 24{,}2^s$.

Die neuesten Untersuchungen über diesen Gegenstand hat J. Schmidt in Athen angestellt. Ein im Mai 1862 in der nördlichen Hemisphäre Jupiters bei etwa 30° jovicentrischer Breite gesehener dunkler Fleck, lieferte als mittlere Rotationszeit zwischen dem 15. Mai und 4. Juli: $9^h 55^m 28{,}7^s$. Ein heller Fleck, den derselbe Astronom im Jahre 1852 im südlichen Streifen beobachtete, gab als Rotationsdauer $9^h 52^m 33^s$, ein Resultat das zu dem Schlusse führt, jene helle Wolke habe sich in der Richtung der Rotation mit einer Geschwindigkeit von 28 Meilen in der Stunde bewegt, was freilich die Schnelligkeit unserer wüthendsten Orkane weit übertrifft.

Wie dem aber auch immer sein möge, so steht jedenfalls fest, dass wir in den Flecken am wahrscheinlichsten Analoga unserer Wolken anzunehmen haben. Schwieriger bleibt es, Vermuthungen zu wagen über das, was uns unter allen Breiten Jupiters in Streifen gesondert erscheint. Cassini glaubte, dass die dunkeln Streifen der Oberfläche des Planeten anhafteten und einer besondern Materie angehörten, die das Licht weniger reflectire als die übrigen Regionen des Planeten. W. Herschel gab eine ähnliche Erklärung. Nach ihm sind die hellen Theile der Scheibe Wolkengebilde, die dunkeln Oberflächen Theile der Jupiterskugel, die das Licht weniger stark reflectiren. Auch glaubte der berühmte Astronom an das Vorhandensein von Luftströmungen in den Aequatorealgegenden Jupiters, analog unseren Passatwinden, eine Ansicht, die bereits vor ihm von Fon-

Digitized by Google

tenelle ausgesprochen wurde. Humboldt citirt im 3. Bande des Kosmos Arago's Ansicht über diesen Gegenstand. „Die Erscheinungen," sagt der französische Physiker, „erklären sich am leichtesten, wenn man eine durch Wolkenschichten theilweise verdichtete Atmosphäre annimmt, in welcher jedoch die über dem Aequator ruhende Region, wahrscheinlich als Folge der Passatwinde, dunstleer und diaphan ist. Weil die Wolkenoberfläche ein intensiveres Licht reflectirt als die Oberfläche des Planeten, so muss der Theil des Bodens, welchen wir durch die heitere Luft sehen, minderes Licht haben, als die vieles Licht zurückhaltenden Wolkenschichten. Deshalb wechseln graue und helle Streifen mit einander; die ersteren erscheinen, wenn unter kleinen Winkeln die Gesichtslinie des Beobachters schief gegen den Rand des Jupiter gerichtet ist, durch eine grössere dickere Masse und mehr Licht reflectirende Wolkenschichten gesehen, um so weniger dunkel gefärbt, als sie sich vom Centrum des Planeten entfernen." Diese Erklärung Arago's ist übrigens in ihrem ersten Theile unrichtig. Wenn in der That die Wolkenoberfläche das Licht intensiver reflectirt, also heller erscheint, so besteht der äquatoriale Gürtel des Jupiter aus Wolkenansammlungen, ebenso der grössere Theil der Scheibe beiderseits zwischen den dunkeln Hauptstreifen und den Polen. Dunstleer und diaphan ist die Atmosphäre nur da, wo wir die dunkeln Streifen erblicken. Arago widerspricht sich demnach, wenn er von einer über dem Aequator ruhenden dunstleeren und diaphanen Region spricht. Gerade die äquatoreale Gegend ist die hellere und die beiden diaphanen Regionen liegen nördlich und südlich davon. Der Vergleich mit unserer Erde führt darauf, in jener helleren, äquatorealen Zone das Analogon unserer Calmenregion zu sehen. Die nördlich und südlich hiervon erscheinenden beiden grauen Streifen würden dann jene die Calmenzone begrenzenden Gegenden sein, in denen auch auf unserer Erde als Wirkung der Passatwinde die Atmosphäre diaphan und wenig bewölkt erscheint.

Wenn man die grauen Streifen als Theile der wahren Oberfläche des Jupiter betrachtet und diese Annahme den Beobachtungen Genüge leistet, so bleiben dagegen die schwarzen Flecke unerklärt, wenigstens kann man bezüglich derselben nur entfernte Vermuthungen aussprechen. Der Oberfläche des Planeten können sie nicht direct angehören, dem widerstreitet, wie bereits bemerkt, ihre eigene Bewegung, und nicht minder ihre Dunkelheit. Will man annehmen, die grauen Streifen seien Regionen der Jupitersscheibe, über denen nur ein dünner Wolkenschleier schwebe, die Flecke aber solche, die ganz von Wolken entblösst wären, so führt dies direct zu dem Schlusse, dass nicht allein die Jupitersmonde, sondern auch Saturn, Uranus und Neptun mit ihren Monden gänzlich von einer dichten, sehr stark das Licht reflectirenden Wolkenschicht bedeckt sind, oder aber, dass sie an und für sich aus einem Stoffe bestehen, der ungleich intensiver das Licht reflectirt als die wahre Jupitersoberfläche. Vorläufig kann man dabei stehen bleiben, in den Flecken, wie bereits oben nach Beer und Mädler angeführt wurde, Analoga unserer Wolken zu sehen. Andererseits erscheinen aber bisweilen wolkenartige Producte

Digitized by Google

auf der Jupitersscheibe heller als die Grundfläche des Planeten; man müsste sonach zwei besondere Arten von Wolken auf jenem Planeten annehmen, von denen die eine das Licht stark reflectirt, die andere aber, in Flocken geballt, ungemein das Licht absorbirt. - Die weitere Verfolgung dieses Gegenstandes kann nicht dringend genug allen Beobachtern empfohlen werden.

Neuerdings hat Browning darauf aufmerksam gemacht, dass nach seinen Beobachtungen auf der Oberfläche des Jupiter in der jüngsten Zeit eine sehr beträchtliche Veränderung vor sich gegangen sei. Der früher graue Streifen in der Nähe des Aequators sei jetzt tiefgelb und gleiche galvanisch niedergeschlagenem Golde. Die Pole sollen nach Browning gegenwärtig blau erscheinen und die ihnen nächsten Streifen eine analoge aber dunklere Färbung zeigen, während die benachbarten hellen Streifen perlweiss und glänzender als irgend ein anderer Theil des Gestirns erscheinen.

Browning glaubt auf Grund dieser Wahrnehmungen und eines Raisonnements über die Grössenverhältnisse der Planeten und ihrer Erkaltung durch Ausstrahlung schliessen zu dürfen, dass der Planet Jupiter noch nicht ganz die Fähigkeit verloren habe, selbst zu leuchten. Auch Zöllner ist dieser Ansicht und glaubt, dass die tiefe Schwärze der Trabantenschatten auf der Oberfläche Jupiters sich aus den Gesetzen der Contrastwirkung erklären lasse.

Die chemische Albedo Jupiters ist eine sehr hohe. Nach den Versuchen von Bond erfordert dieser Planet zur Hervorbringung gleich intensiver Photographien 9 mal weniger Zeit als der Vollmond unter gleichen Beleuchtungsverhältnissen erfordern würde. Bei Vergleichung der Centraltheile des Mondes mit den hellen Streifen Jupiters fand sich für letztere sogar eine 27 mal kürzere Expositionszeit. Nach den Untersuchungen von Hankel, Bunsen und Roscoe verhalten sich aber die Expositionszeiten umgekehrt wie die Intensitäten der reflectirten (chemischen) Strahlenmengen.

Die bedeutende Abplattung des Planeten im Vereine mit seiner schnellen Rotation, bewirkt eine bedeutende Verschiedenheit in der Länge des einfachen Secundenpendels selbst bei verhältnissmässig kleinen Breitendifferenzen. Ein Pendel, welches auf dem Jupiter an dem einen Endpunkte einer Stadt von der Ausdehnung Londons genau Secunden schlägt, würde am andern Endpunkte derselben für die meisten wissenschaftlichen Zwecke nicht mehr genügen.

Jupiter wird von 4 Monden umkreist. Die Ehre, das Vorhandensein dieser kleinen Gestirne der Welt zuerst bekannt gemacht zu haben, gebührt Galilei, der die Monde am 7. Januar 1610 bemerkte. Ob der florentinische Physiker aber der erste Entdecker derselben gewesen, muss dahingestellt bleiben, indem Simon Marius in der Vorrede seines 1614 erschienenen Werkes „Mundus Jovialis“ behauptet, die erwähnten kleinen Sterne schon am 12. December 1609 gesehen und bis zum 12. Januar

Digitized by Google

1610 beobachtet zu haben. Jedenfalls aber gebührt Galilei das Verdienst, mit der Publication seiner Entdeckung nicht gezögert zu haben.

Galilei gab den Monden die Collectivbenennung: Mediceische Sterne, und jedem einzelnen einen Familiennamen dieses berühmten Geschlechtes. Marius hingegen schlug die Namen: Jo, Europa, Ganymed und Callisto vor. Keine dieser beiden Bezeichnungsweisen hat sich erhalten und man unterscheidet gegenwärtig die Jupitersmonde bloss nach ihrem Abstande vom Centralplaneten, als 1., 2., 3. und 4. Trabanten.

Die scheinbare Helligkeit dieser Satelliten ist nicht unbedeutend. Der 3. Mond ist nach Galle von der 5. bis 6., die übrigen sind von der 6. bis 7. Grösse. Letztere Angabe ist indess dahin zu präcisiren, dass diese Monde etwa 6. Grösse sind. Die Frage, ob die Jupitersmonde einem unbewaffneten Auge sichtbar sein können, liesse sich unbedingt bejahen, wenn diese Satelliten weit entfernt von dem glänzenden Hauptplaneten ständen. Wegen der geringen Winkeldistanzen, in welchen sie sich vom Centrum des Jupiter befinden, werden sie in den überwiegend meisten Fällen durch die Strahlen überglänzt, die von diesem Planeten auszugehen scheinen, wenn man ihn ohne Fernrohr betrachtet. Für gewisse ausnahmsweise vollkommen gebaute Augen, fehlen diese falschen Strahlen fast gänzlich und es scheint sonach nicht unmöglich, den einen oder andern Trabanten ohne Fernrohr zu sehen.

Um diese Vermuthung zu prüfen, liess Arago ein kleines Fernrohr anfertigen, das nicht vergrösserte, aber die falschen Strahlen beträchtlich verminderte. In der That gewahrte dieser Physiker und sämmtliche Astronomen des Pariser Observatoriums beim ersten Versuche einen Mond (den dritten) neben dem Planeten.

Boguslawski erzählt, dass ein 1820 in Breslau wohnender Schneidermeister Schön in heiteren, mondlosen Nächten selbst mehrere Jupitertrabanten zugleich erkannte und ihre Stellung gegen den Hauptplaneten richtig angab. Kleine Fixsterne soll er bei den Versuchen nie mit den Trabanten verwechselt haben.

Trotz dieser und einiger anderen Beispiele bleibt es nach meiner Ansicht noch zweifelhaft, ob jemals mit blossem Auge ein einzelner Trabant deutlich erkannt worden ist. Die Sichtbarkeit dieser kleinen Sterne wird nicht bloss durch die falschen Strahlen, welche von dem Jupiter zu divergiren scheinen, behindert, sondern auch, und zwar nach meinen Versuchen in noch grösserm Maasse, durch den starken Glanz dieses Planeten. Hierdurch wird auf der Netzhaut des Auges nicht bloss ein Bild des Jupiter erzeugt, sondern auch ein dasselbe rings umgebender Zerstreuungskreis, dessen Ausdehnung und Intensität von der mehr oder mindern Unvollkommenheit des menschlichen Sehorgans herrührt. Auf diesem erhellten Grunde projicirt sich nun das Bild des Satelliten und erscheint dadurch so sehr geschwächt, dass es meist gar nicht mehr unterschieden werden kann. Nimmt man einen lichtvollen Kometensucher und setzt demselben ein solches Ocular vor, dass er nur ein- oder zweimal vergrös-

Digitized by Google

sert, so hat man viele Mühe, einzelne der Satelliten Jupiters wahrzunehmen. Diese fallen aber sofort deutlicher in die Augen, wenn man das Objectiv bis zu einer bestimmten Grenze verkleinert. Hierin hat man den experimentellen Beweis, dass es nicht hauptsächlich die falschen Strahlen des Planeten sind, welche die Sichtbarkeit der Satelliten behindern. Uebrigens ändern auch die Strahlen ihre Lage, wenn man den Kopf neigt, während die Lage der Trabanten dieselbe bleibt. Wäre Arago's Erklärung die richtige, so würde es möglich sein, durch eine passende Neigung des Kopfes die Strahlen ganz aus der Richtung der Trabanten zu bringen und diese zwischen ihnen wahrzunehmen.

Ich glaube, dass in den Fällen, wo ein Satellit mit blossem Auge gesehen wurde, in Wirklichkeit zwei Trabanten nahe in Conjunction waren und der verstärkte Eindruck beider erst zur Sichtbarkeit hinreichte. Professor Heis in Münster hat durch mannigfache Versuche bewiesen, dass sein Auge eines der schärfsten ist, die überhaupt existiren. Die Sterne erscheinen ihm ganz und gar ohne falsche Strahlen, was für ein gewöhnliches Auge selbst dann nicht der Fall ist, wenn es sich, wie eben Arago, eines kleinen nicht vergrössernden Fernrohres bedient. Trotzdem ist es Heis niemals gelungen, einen Trabanten mit blossem Auge zu erkennen. Am 11. April 1863, Abends $11^1/_2$ Uhr, erblickte er bei günstiger Luft deutlich rechts vom Jupiter einen Trabanten und zwischen diesem und dem Planeten eine merkliche Lücke. Genauere Untersuchungen zeigten aber, dass der wahrgenommene Lichtpunkt die Vereinigung des 3. und 4. Jupitersmondes war, die beide in einer Entfernung vom Hauptplaneten standen, welche dem siebenfachen Jupitersdurchmesser gleichkam.

Betrachten wir jetzt die Bahnen der vier Monde, so bietet sich uns in den Abständen derselben vom Centrum des Jupiter folgende Reihenfolge dar, wenn man die Entfernung des ersten Mondes, welche fast genau 6,0 Halbmesser des Planeten beträgt, als Einheit betrachtet:

1. Mond	. . . .	1,0000
2. „	. . . .	1,5905
3. „	. . . .	2,5376
4. „	. . . .	4,4632

Die mittleren Abstände der Trabanten in Jupitershalbmessern, vom Centrum dieses Planeten, werden sehr nahe durch folgende Reihe dargestellt:

1. Mond	1 . 3,4	+ 1 . 2,5	= 5,9	(wahrer	Abstand	6,0)
2. „	2 . 3,4	+ 1 . 2,5	= 9,3	(„	„	9,5)
3. „	3 . 3,4	+ 2 . 2,5	= 15,2	(„	„	15,2)
4. „	5 . 3,4	+ 4 . 2,5	= 27,0	(„	„	27,0)

Vergleicht man die synodischen Umlaufszeiten der Monde mit einander, so findet sich, dass 247 Umläufe des ersten gleich sind 123 des zweiten und ebenso 61 des dritten Trabanten, nämlich $437^1/_6$ Tage. Sonach

Digitized by Google

sind also auch die Unregelmässigkeiten der Verfinsterungen in eine Periode von dieser Dauer eingeschlossen, wie zuerst Bradley aus den Beobachtungen für die beiden innersten Monde nachwies und Wargentin für den dritten Trabanten zeigte. Die synodischen Umlaufszeiten sind:

1. Mond	$1^d\ 18^h\ 28{,}6^m$	3. Mond	$7^d\ 3^h\ 59{,}6^m$
2. „	3 13 17,9	4. „	16 18 5,1

Ferner ist, nach von Laplace zuerst gefundenen Gesetzen: a) die mittlere Winkelbewegung des ersten Mondes + der doppelten mittlern Bewegung des zweiten gleich der dreifachen mittlern Winkelbewegung des dritten Mondes; b) die mittlere Länge des ersten Mondes — der dreifachen mittlern Länge des zweiten + der doppelten mittlern Länge des dritten Trabanten fast genau 180 Grad.

Sonach können also die drei ersten Monde Jupiters nie gleichzeitig verfinstert werden.

Der erste Jupiterstrabant läuft um seinen Hauptplaneten siderisch in $1^d\ 18^h\ 27^m\ 33{,}50^s$. Die Excentricität seiner Bahn ist unmerklich und ihre Neigung gegen die Bahn des Jupiter beträgt $3^0\ 5'\ 24''$. Der Abstand vom Centrum Jupiters beträgt 57500 geographische Meilen. Nach Struve's Messungen beträgt sein mittlerer Winkeldurchmesser 1,015″; Secchi gibt dafür einen 0,03″ kleinern Werth an. Der wahre Durchmesser ist 509 Meilen. Wäre die Laplace'sche Bestimmung der Masse dieses Satelliten zu 0,0000173281 der Jupitersmasse, sicher genug, so würde sich hieraus die Dichtigkeit jenes Mondes zu 0,2 von derjenigen unserer Erde ergeben; jedenfalls scheint sie von der mittlern Dichte Jupiters wenig verschieden zu sein.

Die Farbe dieses Mondes, der an Helligkeit bisweilen keinem der übrigen nachsteht, ist nach Herschel durchaus weiss; Beer und Mädler fanden ihn 1836 mehr bläulich, nach anderen Beobachtern soll er hingegen gelblich sein. Meine eigenen Beobachtungen im Jahre 1867 ergeben die Farbe entschieden bläulich.

Nachdem schon der erste Cassini darauf aufmerksam geworden war, dass die Monde des Jupiter je nach der Stellung in ihrer Bahn an Glanz veränderlich sind, ermittelte zuerst W. Herschel, dass der erste Mond in grösstem Glanze erscheint, wenn er sich in demjenigen Theile seiner Bahn befindet, der zwischen der Conjunction und der grössten östlichen Digression liegt. Herschel schloss aus diesen Wahrnehmungen, dass dieser Mond an seiner Oberfläche Flecke besitzt und seinem Hauptplaneten beständig dieselbe Seite zuwendet.

Die Oberfläche dieses Mondes scheint durchschnittlich dieselbe Albedo wie Jupiter selbst zu besitzen. Beweis hierfür ist der Umstand, dass der Trabant bei seinem Vorübergange vor der Jupiterscheibe in dem centralen Theile derselben verschwindet, indem er sich nicht mehr von dem hellen Planeten abhebt.

Cassini war der Erste, der hierauf aufmerksam machte, als er den

Digitized by Google

1644 von Herigonus gemachten Vorschlag, die Durchgänge der Jupitersatelliten zur Längenbestimmung zu benutzen, als unausführbar zurückwies. Pound 1719 und Messier 1767 bemerkten, dass der erste (und zweite) Jupitersmond in der Nähe des Randes der Planetenscheibe heller als diese erscheint; ähnliche Wahrnehmungen hat neuerdings Chacornac gemacht. Nach diesem letztern Beobachter soll beim Saturn das Gegentheil stattfinden und hier ein Satellit in der Mitte der Scheibe heller als diese gesehen werden.

Der zweite Jupitersmond vollführt seinen siderischen Umlauf in $3^d\ 13^h\ 13^m\ 42{,}04^s$ bei einem mittlern Abstande von 91400 geogr. Meilen.

Die Ellipticität seiner Bahn ist unmerklich gering und ihre mittlere Neigung beträgt $3^0\ 4'\ 25''$, doch kann dieser Werth in mehr oder weniger um $27'\ 49''$ schwanken.

Der mittlere scheinbare Durchmesser beträgt nach Struve 0,911″, nach Secchi 1,054″, der wahre also 457 geographische Meilen.

Nimmt man mit Laplace die Masse dieses Mondes zu 0,000023235 an, so folgt hieraus eine mittlere Dichte, welche jene des ersten Mondes nahe um das Doppelte übertrifft.

Herschel hatte früher aus der Dauer des Eintritts dieses Mondes in die Jupiterscheibe einen gleichgrossen Winkeldurchmesser desselben abgeleitet, wie später Struve durch directe Messungen.

Die Farbe dieses Satelliten ist bläulichweiss und seine Helligkeit Schwankungen unterworfen, die zwar weniger auffallend sind, wie diejenigen des ersten Mondes, aber doch genügten, um Herschel zu überzeugen, dass auch dieser Mond sich in der nämlichen Zeit einmal um seine Axe dreht, in welcher er seinen Umlauf um den Hauptplaneten vollendet. Am hellsten erscheint dieser Mond für unsern Anblick ungefähr in dem nämlichen Theile seiner Bahn, in dem auch der erste Mond das Maximum seines Glanzes zeigt. Flaugergues schloss aus seinen Wahrnehmungen, dass gerade dieser Mond die bedeutendsten Schwankungen in seinem Glanze zeige.

Der dritte Jupitersmond läuft siderisch um seinen Hauptplaneten in $7^d\ 3^h\ 42^m\ 33{,}36^s$ bei einem mittleren Abstande vom Centrum des Jupiter von 145800 geographischen Meilen.

Die Bahn ist elliptisch mit einer Excentricität von 0,001348, welche innerhalb einer Periode von 190 Jahren zwischen den Werthen 0,0019 und 0,0008 schwankt.

Die Neigung gegen die Bahn des Jupiter beträgt $3^0\ 0'\ 28''$ und schwankt um diesen mittlern Werth periodisch um $12'\ 20''$.

Der mittlere scheinbare Durchmesser dieses Satelliten beträgt nach Struve 1,488″, nach Secchi 1,608″. Herschel fand 1780 ebenfalls 1,6″. Der wahre Durchmesser ist 746 Meilen. Ist ferner die Masse, wie sie Laplace angibt, 0,0000884972 der Jupitersmasse, so folgt die mittlere Dichtigkeit dieses Trabanten zu 0,3 von jener der Erde.

Digitized by Google

Die Farbe dieses Mondes ist gelblich, ähnlich derjenigen der Jupiterscheibe. Zuweilen erscheint er jedoch nach meinen Beobachtungen entschieden röthlich. Er übertrifft die übrigen Satelliten durchgängig an Helligkeit und nur in einigen Fällen hat man ihn etwas dunkler als den vierten (oder auch als den ersten) Trabanten gesehen. Maraldi war der Erste, der im Jahre 1704 diesen Helligkeitswechsel bemerkte. Nach W. Herschel erscheint dieser Mond am hellsten in seinen beiden Elongationen und der slougher Astronom glaubte, dass auch er wie die übrigen, in derselben Zeit um seine Axe und um den Hauptplaneten sich drehe.

Schon Maraldi will 1707 auf der Scheibe dieses Mondes Flecke bemerkt haben, und Gleiches behauptet Messier in einer 1768 erschienenen Abhandlung. Beide Beobachter sahen diese Flecke indess nur, wenn der Satellit vor dem Hauptplaneten stand und seine Ränder selbst nicht zu unterscheiden waren.

Am 6. September 1760 bemerkte Messier einen Flecken, der in eben dem Maasse an Deutlichkeit verlor, als sich der Mond von dem centralen Theile des Hauptplaneten gegen den Rand hin bewegte. Am 14. Juli 1771 verschwand nach demselben Beobachter ein Fleck auf dem nämlichen Monde, als letzterer in die Nähe des Planetenrandes kam.

Erst Secchi ist es neuerdings gelungen, die Flecke auch zu anderen Zeiten auf diesem Trabanten wahrzunehmen. Diese Beobachtungen führten den Director des Observatoriums des Collegio Romano zu dem Schlusse, dass der dritte Trabant in kürzerer Zeit um seine Axe rotire als er um den Hauptplaneten läuft. Besonders folgt dies aus Beobachtungen im September 1855 und im Januar 1859, wo der Satellit unter 1000^m Vergrösserung auch im Verhältnisse 3 : 5 abgeplattet erschien. Vorläufig, bis die Sache definitiv entschieden ist, wird man sich an dieses, freilich ziemlich unwahrscheinlich klingende Resultat halten müssen, da den Wahrnehmungen des römischen Beobachters jedenfalls ein grösseres Gewicht beizulegen ist, als den keineswegs einwurfsfreien und gerade bei diesem Monde wenig sicheren Helligkeitsschätzungen des ältern Herschel.

Der vierte Jupitersmond vollführt seinen siderischen Umlauf in $16^d\ 16^h\ 32^m\ 11{,}27^s$. Sein mittlerer Abstand vom Centrum des Planeten beträgt 256 500 geographische Meilen.

Die Bahn ist elliptisch mit einer nur wenig veränderlichen Excentricität von 0,007275.

Die Neigung gegen die Ebene der Jupitersbahn beträgt im Mittel $2^0\ 40'\ 58''$ und schwankt zwischen den Grenzen $2^0\ 16'\ 0''$ und $2^0\ 55'\ 56''$.

Der scheinbare Durchmesser dieses Satelliten beträgt nach Struve 1,273″, nach Secchi 1,496″; ihm entspricht ein wahrer Durchmesser von 639 Meilen und unter Anwendung der Laplace'schen Masse von 0,0000426591, erhält man eine mittlere Dichte von 0,25.

Dieser Trabant erscheint bisweilen als der schwächste von allen, obgleich er doch in Bezug auf seine wahre Grösse nur dem 3. Monde nach-

Digitized by Google

steht. Zu anderen Zeiten habe ich ihn alle übrigen Monde an Glanz übertreffen sehen. Seine Farbe ist ein grauartiges Weiss; Herschel will ihn bisweilen in röthlichem Lichte schimmernd gesehen haben. Nach demselben Beobachter zeigt er das Maximum seines Glanzes kurz vor und nach seiner Opposition. Beer und Mädler haben Herschel's Beobachtungen insofern bestätigt, als sie das Maximum des Glanzes verschiedene Male je nach Ablauf einer synodischen Revolution wiederkehren sahen. Sonach dreht sich also dieser Mond in der nämlichen Zeit um seine Axe, die er gebraucht, den Planeten zu umkreisen.

Während für die Vorausberechnung periodischer Erscheinungen im Sonnensysteme, die Kenntniss der Jupitersmasse von grösster Wichtigkeit ist, und die vier Monde dieses Planeten ein ausgezeichnetes Mittel zur Massenbestimmung desselben darbieten, haben sie auf der andern Seite dazu beigetragen, unsere physikalischen Kenntnisse werthvoll zu bereichern, indem die mit wachsender Entfernung Jupiters von der Erde zunehmende Verspätung im Eintritt der Finsternisse, welche diese Satelliten erleiden, den Raum kennen lehrt, den der Lichtstrahl in einer gegebenen Zeit durchfliegt. Die Ehre dieser wichtigen Entdeckung gebührt dem in allen seinen Arbeiten so genauen Olaus Römer. In einer am 22. November 1675 der pariser Akademie vorgelegten Abhandlung leitete er aus 40 Aus- und Eintritten der Jupitertrabanten in den Schattenkegel des Hauptplaneten die Folgerung ab, das Licht gebrauche 11 Minuten um den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Cassini fand für diese Dauer aus den Beobachtungen des 1. Mondes $7^m\ 5^s$ und aus jenen des 2. Satelliten $14^m\ 12^s$, ein Unterschied, der ihn sich gegen Römer's Theorie erklären liess. Cassini's Ansicht ward von Maraldi und Fontanelle getheilt. Newton nahm in seiner Optik an, dass das Licht $7{,}5^m$ gebrauche, den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Delambre leitete aus den besten zu seiner Zeit vorhandenen Beobachtungen einen Werth von $8^m\ 13{,}2^s$ ab und diesem entspricht eine Lichtgeschwindigkeit von 40316 geographischen Meilen in jeder Secunde.

Digitized by Google

Saturn.

Dieser Planet führt im Sanskrit den Namen des langsam Wandelnden (*sanaistschara*) und wird in der Planetenverehrung der Sipasier als Regent, Sieb und Schlange haltend, dargestellt. Die Griechen nannten ihn $\varphi\alpha\acute{\iota}\nu\omega\nu$, der ruhig Scheinende, im Gegensatze zu $\sigma\tau\acute{\iota}\lambda\beta\omega\nu$, dem blitzenden und funkelnden Merkur. In der That scintillirt der Planet niemals, selbst nicht in der Nähe des Horizontes; er glänzt als Stern erster Grösse mit weissem Lichte Seine scheinbare Helligkeit steht jener des Jupiter bedeutend nach. Während dieser letztere Planet nach der Conjunction schon bei 10 Grad Winkeldistanz von der Sonne sichtbar wird, erscheint Saturn nach alten Beobachtungen erst bei 11 bis 12 Grad. In mittlerer Oppositionshelligkeit und wenn der Ring unsichtbar ist hat Saturn nur $\frac{1}{23{\cdot}6}$ von der Helligkeit Jupiters und, gleichfalls nach Zöllner's Messungen, $\frac{1}{130\,980\,000\,000}$ vom Glanze der Sonne. Wenn dagegen der Ring am besten sichtbar ist, kann die Helligkeit des Saturn auf $^1/_{10}$ jener des Planeten Jupiter steigen. Nach Seidel's bis zum Jahr 1858 fortgesetzten photometrischen Messungen mittels des Steinheil'schen Apparates, würde dagegen Saturn heller sein, indem er bei mittlerer Oppositionshelligkeit $\frac{1}{95\,500\,000\,000}$ vom Glanze der Sonne besitzt.

Die wahre siderische Umlaufszeit des Saturn beträgt $10759^d{,}2198174$ oder 29 Jahre 166 Tage 5 Stunden 16 Minuten 32 Secunden, der mittlere Abstand vom Centrum der Sonne also 9,538852 oder 189,7 Millionen Meilen. Die Excentricität der Bahn beträgt 0,0561563 mit einer säcularen Abnahme von $(0{,}0000026893 + 0{,}0000000000480\,t)\,t$. Sonach wechselt die Distanz des Planeten von der Erde zwischen 219 und 159 Millionen Meilen.

Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist $(1800{,}0)\ 2^\circ\ 29'\ 36{,}89''$ mit einer Abnahme von $(0'',1349 + 0'',00002250\,t)\,t$. Das Perihel liegt in $89^\circ\ 7'\ 45{,}38''$ und rückt tropisch um $(66'',887 + 0'',0002860\,t)\,t$ vorwärts.

Die Länge des aufsteigenden Knotens beträgt $111^\circ\ 56'\ 15{,}8''$ mit einem tropischen Vorrücken von $(18'',338 - 0'',0001791\,t)\,t$.

Digitized by Google

Saturn ist nächst Jupiter der grösste und massigste aller bekannten Planeten. Sein mittlerer Aequatorealdurchmesser beträgt nach Bessel's genauen Messungen 17,053″, der Polardurchmesser 15,381″, die Abplattung also $\frac{1}{10,3}$ Der wahre Aequatorealdurchmesser ist also 15680 geographische Meilen, der Polardurchmesser 14140 geographische Meilen.

Wären Bessel's Messungen weniger zahlreich und mit einander harmonirend, so könnte man versucht sein, ihre Zuverlässigkeit in Zweifel zu ziehen. Denn die meisten übrigen Beobachter finden den Saturn nicht unbeträchtlich grösser.

Aus Arago's Messungen von 1847 folgen die Durchmesser resp. 17,698″ und 15,766″.

Lassell findet 17,453″ und 15,827″.

Den Aequatorealdurchmesser gibt Struve zu 17,99″, Jacobs zu 17,94″, Secchi zu 17,661″ an.

Was auch immer der Grund dieser auffallenden Unterschiede sein möge, so viel steht fest, dass man seit dem letzten Drittel des vergangenen Jahrhunderts den Saturn, welchen die früheren Messungen fast dem Jupiter an Grösse gleichstellten, in dem Maasse kleiner gefunden hat, als die Vervollkommnung der Hülfsmittel zu mikrometrischer Messung zugenommen.

Nachdem Herschel bereits im September 1789 durch Messungen, welche für jene Epoche den Aequatorealhalbmesser des Saturn zu 11,4″ und den Polarradius zu 10,3″ ergaben, die Abplattung auf $^1/_{10}$ bestimmt hatte, fand er in den Monaten April bis Juni 1805 durch verschiedene Fernrohre, dass der grösste Durchmesser des Saturn mit dem Aequator desselben einen Winkel von 43° 20′ bilde. Messungen am 26. und 27. Mai gaben für die beiden genannten Durchmesser im Mittel resp. 11,35″ und 11,93″. Herschel war der Ansicht, dass diese Unregelmässigkeiten durch die Anziehung des Ringes, zu einer Zeit entstanden seien, als der Planet noch eine weiche, flüssige Masse bildete. Allein Bessel hat später nachgewiesen, dass diese Ursache niemals jene abnorme Gestalt des Saturnkörpers hervorbringen konnte und seine Heliometermessungen zeigten, dass sie auch überhaupt nicht existirt. Main's spätere Messungen stimmen hiermit vollkommen überein, und Herschel's Wahrnehmung ist sonach subjectiver Natur gewesen, wenngleich man sich bis heute vergebens bemüht hat, eine Erklärung der Art und Weise, wie die Täuschung zu Stande kam, zu geben.

Die Masse Saturns (und seiner Ringe) beträgt nach Bessel's Untersuchungen $\frac{1}{3501,6}$ der Sonnenmasse.

Hieraus und aus dem Volum des Planeten ergibt sich dessen mittlere Dichte zu $^1/_7$ von jener der Erde, also geringer als diejenige des Wassers. Saturn kann daher an seiner Oberfläche nichts unseren Oceanen Analoges besitzen.

Man hat darauf aufmerksam gemacht, dass möglicher Weise dieser Planet (vielleicht auch Jupiter) aus einem kleinen dichten Kern bestehe,

Digitized by Google

der von einer wenig dichten, nebelartigen Hülle umgeben ist. Der graue, in den äquatorealen Regionen des Planeten sich rings um die Kugel ziehende Streifen und mehrere schwächere, weit schneller veränderliche Gebilde ähnlicher Art, lassen sich mit einer solchen Annahme sehr gut in Uebereinstimmung bringen. Ja, es wird aus Gründen, die bei Untersuchung der Ringe dieses Planeten zur Sprache kommen, höchst wahrscheinlich, dass das Saturnsystem noch keineswegs in jenen Zustand der Consistenz übergegangen ist, den wir bei anderen Planeten wahrnehmen.

Nachdem, wie es scheint, Cassini im Jahre 1683 der Erste war, der die dunkeln Streifen des Saturn erkannte und auch Huygens etwas Analoges bemerkte, gelang es erst 1762 und 1766 Messier, ein solches Gebilde deutlich und während einiger Tage zu erblicken. Im Jahre 1776 sah derselbe Astronom einen grössern, grauen, den Jupitersbanden ähnlichen Streifen. Um dieselbe Zeit begannen auch Herschel's Beobachtungen des Saturn. Dieser grosse Beobachter sah nicht bloss eine Vielzahl unter einander paralleler, sehr wechselvoller Streifen, sondern bemerkte auch einzelne knotenartige dunkle Punkte in denselben, aus deren Bewegung er die Rotationszeit der Saturnkugel anfangs (durch 154 Umdrehungen zwischem dem 11. November 1793 und dem 16. Januar 1794) auf $10^h\ 16^m\ 44^s$, schliesslich zu 10 Stunden 29 Minuten 17 Secunden bestimmte. Herschel fand ferner, dass die Streifen bisweilen nicht unbedeutende Winkel mit der Ringebene bilden, auch erschienen ihm die Polarregionen des Planeten zur Zeit ihres Sommers weit weniger hell als in der entgegengesetzten Jahreszeit. Diese schwierigen und feinen Wahrnehmungen, dergleichen auch Schröter gelungen, würden, vorausgesetzt, dass sie ganz sicher wären, auf eine ziemlich dichte Atmosphäre des Planeten hindeuten und auf Niederschläge, denjenigen analog, die wir alljährlich auf unserm Erdballe zu beobachten Gelegenheit haben. Da, wie oben bemerkt wurde, Wassermassen an der Oberfläche des Saturn nicht existiren können, so folgt aus Herschel's Beobachtungen — immer vorausgesetzt, dass sie richtig sind — dass wir nur eine dichte Wolkenschicht als Begrenzung des Saturn erblicken, unter welcher indess ein kleinerer, compacter Kern sich befindet, dessen Dichte mindestens gleich derjenigen des Wassers sein muss. Man sieht unmittelbar, welches Interesse sich an die Verificirung der Herschel'schen Resultate knüpft.

Mehrere Wahrnehmungen früherer Beobachter, welche sich auf eine bedeutende Helligkeitsabnahme kleiner Fixsterne bezogen, sobald diese dem Saturnsrande nahe kamen, hat man durch Annahme einer dichten Atmosphäre um jenen Planeten zu erklären gesucht. Sehr mit Unrecht; denn eine Atmosphäre, wie dicht man sie immer annehmen möge, kann sich doch durch derartige Phänomene aus einer Entfernung nicht mehr wahrnehmbar machen, in welcher 0,1 Bogensecunde 92 geographische Meilen umfasst. Jene Schwächung findet, wie Arago zuerst näher entwickelt hat, aus physiologischen und optischen Gründen statt, deren bereits früher gedacht wurde. Nichtsdestoweniger ist freilich eine dichte Atmo-

Digitized by Google

sphäre um jenen Planeten schon deshalb wahrscheinlich, weil der grosse graue Streifen niemals bis zum Rande der Scheibe sichtbar ist, sondern gegen diesen hin eine successive Schwächung erleidet und endlich ganz verschwindet.

Wenn die Neigung des Saturnäquators gegen seine Bahn in der That 26° 49′ beträgt, so muss, trotzdem der Planet im Perihel 81 mal und im Aphel 101 mal schwächer beleuchtet (und unter gleichen Verhältnissen auch erwärmt) wird als die Erde, dort der Unterschied der Jahreszeiten immerhin ein merklicher sein, um so mehr als jede derselben nahezu sieben Erdenjahre dauert.

Das Saturnsystem ist das reichste und ausgedehnteste aller Partialsysteme unserer Planetenwelt. Denn nicht nur begleiten den Planeten acht Satelliten auf seinem Laufe um die Sonne, sondern, freischwebend über dem Aequator, umgibt ihn noch ein System flacher Ringe, als vereinzelt stehendes Beispiel im ganzen Sonnengebiete.

Die Ringe des Saturn wurden zuerst gesehen, aber noch nicht als solche erkannt, in der zweiten Hälfte des Jahres 1610 von Galilei. Im November jenes Jahres schrieb der florentinische Physiker an Kepler, Giuliano de Medici und Castelli, dass er Saturn bei dreissigfacher Vergrösserung als aus drei sich gegenseitig berührenden Sternen zusammengesetzt erblicke. Aber im Jahre 1612, wo die Ringe der Erde ihre schmale Kante zuwandten, und also für gewöhnliche Fernrohre unsichtbar sein mussten, sah Galilei den Saturn vollkommen rund, und unmuthig über seine früheren Wahrnehmungen, als welche nur Täuschungen gewesen seien, gab er die fernere Beobachtung des Planeten ganz auf. Nach ihm beschäftigte sich Hevel anhaltend mit dem Saturn; er kam zu dem Resultate, dass der Planet aus einem runden Centralkörper und zwei angehängten sichelartigen Monden bestehe, die in Folge einer gemeinsamen Rotationsbewegung, bald sichtbar, bald unsichtbar seien.

Der Wahrheit schon näher kam Robervall, der die elliptische Form als Projection des Kreises ansah, aber erst Huygens fand die wahre Erklärung aus der Discussion zahlreicher mit einem 21füssigen Refractor angestellter Beobachtungen. Im Jahre 1659 veröffentlichte dieser ausgezeichnete Mathematiker das berühmte Anagramm, das die Erklärung der Phänomene Saturns umfasste und welches nach der später gegebenen Erläuterung hiess:

„Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato."

Obgleich diese Erklärung der Saturnansen und ihres periodischen Verschwindens, durch einen flachen, freischwebenden, gegen die Ekliptik geneigten Ring, gewiss die an und für sich natürlichste war, so ward sie doch noch lange bezweifelt, besonders da Riccioli sich einige Jahre vor Huygens für den Zusammenhang der Ansen mit dem Saturnkörper ausgesprochen hatte.

Die Neigung der Ringebene gegen die Ekliptik bestimmte Huygens aus seinen und den Beobachtungen Picard's von 1688 zu 30 Grad. We-

Digitized by Google

sentliche Fortschritte machten unsere Kenntnisse jener ungeheuren, freischwebenden Brücke durch Cassini. Dieser berühmte Beobachter fand 1675, dass der Ring durch eine feine, dunkle Linie in zwei Theile getrennt erscheint, und sein 34füssiges Fernrohr zeigte ihm deutlich, dass der innere Theil heller glänze als der äussere. Uebrigens waren ihm in Wahrnehmung des dunkeln Streifens William Ball 1665 und vielleicht auch Wallis zuvorgekommen, wie neuerdings Hind und O. Struve bemerkt haben.

Die Wahrnehmung Cassini's bezüglich des Glanzes vom Saturnringe ergänzte später Herschel durch die Bemerkung, dass das Maximum der Helligkeit des innern Ringes gleichweit von seinen beiden Rändern sich befindet und gegen diese hin allmählich die Intensität abnimmt, der Art, dass in der Nähe der Theilung der Glanz nur noch etwa demjenigen des grossen grauen Streifens der Planetenkugel gleich ist. Nichtsdestoweniger bleibt doch der Ring im Ganzen, wie bereits Hooke 1666 bemerkte, heller als der Planet selbst.

Nach Bessel's Heliometermessungen beträgt der scheinbare Durchmesser des Ringsystems zwischen seinen äussersten Kanten, in mittlerer Entfernung von der Erde, 39,311″, die Neigung gegen die Ekliptik (1867,0) 28° 10′ 21,25″ mit einer jährlichen Abnahme von 0,350″. Der aufsteigende Knoten des Ringes auf der Ekliptik liegt in 167° 45′ 1,8″, mit einer jährlichen Zunahme von 46,462″.

Struve's Messungen ergaben folgende Dimensionen:

Aeusserster Durchmesser des Ringsystems				40,09″
Innerer	„	„	„	26,67
	Breite	„	„	6,71

Aus diesen Winkelangaben resultiren folgende wahre Dimensionen:

Aeusserster Durchmesser des Ringsystems				36870 geogr. Meilen
Innerer	„	„	„	24520 „ „
	Breite	„	„	6175 „ „

Die innerste Ringkante steht sonach von dem nächsten Theile der Oberfläche des Planeten nur 4420 Meilen entfernt, kaum 0,09 der mittlern Entfernung des Mondes von der Erdoberfläche.

Uebrigens fällt der Mittelpunkt des Ringes nicht genau mit jenem des Planeten zusammen. Vieth hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass dieses Factum schon 1684 dem Probste Gallet in Avignon bekannt war, der in seiner Schrift Systema phaenomenorum Saturni sagt: „Nonnunquam corpus Saturni non exacte annuli medium visum fuit,“ ohne sich indess weiter über die Quelle, aus der er diese Wahrnehmung geschöpft, auszusprechen. Seine Behauptung blieb übrigens auch vollkommen unbeachtet, bis Schwabe am 21. December 1827 den dunkeln Raum zwischen dem innern Rande des Ringes und dem Planeten im Osten etwas breiter als im Westen zu sehen glaubte. Harding bestätigte diese Wahrnehmung und Struve fand die besagte Excentricität gleich 0,21″, etwas

Digitized by Google

grösser als später Herschel und South. Lässt man den Werth von 0,2″ gelten, so entspricht demselben eine lineare Grösse von 183 Meilen und der kürzeste Abstand zwischen der innersten Ringkante und der Planetenoberfläche wird 4240 Meilen.

Arago glaubte auch eine excentrische Stellung des Ringes in Bezug auf seine scheinbare kleine Axe wahrgenommen zu haben, doch fehlt bis heute eine genauere Discussion der Beobachtungen, aus denen dieselbe folgt. Nach Schwabe und Valz ist der Ring auch nicht genau dem Saturnäquator parallel, vielmehr erscheint er gegen Osten etwas mehr nördlich, im Westen mehr südlich zu liegen.

Schon Cassini und Maraldi scheinen bemerkt zu haben, dass die Cassini'sche Trennungslinie auf beiden Seiten des Ringes existirt, Herschel aber ist der Erste gewesen, der (aus seinen Beobachtungen in den Jahren 1789 und 1792) mit Evidenz schloss, dass die schwarze Linie eine wirkliche Trennungsspalte sein müsse und Saturn demnach eigentlich von zwei concentrischen Ringen umgeben sei. Der Durchmesser, oder die Breite jener Theilung beträgt nach Struve 0,41″ oder 380 geographische Meilen.

Die Dicke des Ringsystems ist sehr gering, und schwerlich durch directe Messungen zu bestimmen. Wenn die Erde in der Ebene desselben sich befindet, verschwindet daher der Ring für die meisten Fernrohre gänzlich. Im Jahre 1789 gelang es indess Herschel, ihn auch in dieser Stellung fortwährend als feine (aber jedenfalls durch Irradiation erbreitete) Linie zu erkennen. Dasselbe war zur Zeit des Verschwindens, zwischen dem 16. und 19. März 1862, auch im grossen Refractor von Pulkowa der Fall. Schröter glaubte aus der Breite des Schattens, welchen der Ring bei seinem Durchgange durch die Ebene der Ekliptik im Juni 1803 auf seinen Planeten warf, auf eine Dicke desselben von 0,126″ oder 116 Meilen schliessen zu dürfen.

Der Irradiation sind nach Herschel auch gewisse, von Schröter gesehene Erhöhungen an der Oberfläche des äusseren Ringes zuzuschreiben, doch behauptete der Slougher Astronom, auch wirkliche Erhöhungen wahrgenommen zu haben, deren Bewegung ihn auf eine Umdrehungsdauer des Ringsystems von $10^h\ 32^m\ 15^s$ leiteten.

Die Beobachtungen Schwabe's, der den Ring zur Zeit des Verschwindens sich bisweilen in eine Reihe einzelner Punkte, einer Perlenschnur ähnlich, auflösen sah, scheinen freilich auf bergartige Erhöhungen hinzudeuten, und würden der Herschel'schen Rotationszeit nicht widersprechen; allein von anderen Beobachtern sind einzelne Wahrnehmungen gemacht worden, die mit der angeführten Umdrehungsperiode nicht übereinzustimmen scheinen.

Cassini am 8. December 1671, Maraldi am 12. October 1714 und 22. März 1715, Varela am 6. October 1773, Harding am 4. Januar 1803 und Herschel selbst im Jahre 1774 sahen nur eine, und zwar die westliche Ringanse, längere Zeit hindurch als nothwendig gewesen

Digitized by Google

wäre, diese sichtbaren Theile des Ringes in Folge der Rotation auf die andere Seite zu bringen.

Schröter sah im Januar 1774 mehrmals helle Punkte auf der schmalen Ringkante, die selbst während einer achtstündigen, ununterbrochenen Beobachtung ihre scheinbare Lage nicht änderten. Der Lilienthaler Astronom schloss hieraus, dass der Ring nicht rotire, ein Resultat, das Herschel's Beobachtungen und den Grundsätzen der Mechanik widerstreitet.

Olbers hob zuerst einige Momente hervor, aus denen der Subjectivismus der von Schröter gesehenen angeblichen Erhöhungen auf dem Ringe folgt. In der That wird dieser, sobald die Gesichtslinie nahe in seiner verlängerten Ebene liegt, in denjenigen Punkten am hellsten erscheinen, in deren Verlängerung der breiteste Theil der hellen Fläche, für den Anblick des Beobachters, liegt. Durch Irradiation heben sich diese Punkte noch mehr hervor und erscheinen als fixe Erhöhungen. Einen weitern Antheil an dieser Täuschung haben die nicht zu bezweifelnden localen Ausbiegungen und kleinen Neigungen der einzelnen Ringe gegen einander, die sich aus Bessel's genauen Untersuchungen der zwischen 1700 und 1833 gemachten Beobachtungen des Verschwindens und Wiedererscheinens der Ringe, evident ergaben. Auch scheint es nach Peirce's Untersuchungen, dass die Abweichungen des Ringes von der regelmässigen Gestalt, jene bergartigen Erhöhungen, nicht constant, sondern in der flüssigen Masse des Ringes veränderlich sind. Derselbe Mathematiker kommt zu dem Resultate, dass Laplace's flüchtig hingeworfene Aeusserung, jene Unregelmässigkeiten trügen durch ihre Constanz zur Stabilität des Ringsystems wesentlich bei, durchaus unrichtig ist. Nach ihm müsste letzteres auf den Planeten stürzen, wenn es nicht aus einem oder mehreren Strömen einer dem Wasser vergleichbaren Materie bestände. Ueberhaupt strebt nach dem genannten Forscher die Wirkung der Saturnsatelliten dahin, die Coincidenz der Mittelpunkte des flüssigen Ringes und des Planeten innerhalb gewisser Grenzen zu erhalten, und ist ohne eine grosse Anzahl von Satelliten überhaupt die dauernde Existenz eines Ringes gar nicht möglich. Aus Herschel's Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass das Ringsystem Saturns bisweilen Trennungen von sehr kurzem Bestande zeigt. Am 19., 20., 21. und 26. Juni 1780 sah der berühmte Beobachter, nahe dem innern Rande der westlichen Ringanse, eine schmale Trennung in Gestalt einer feinen Linie, die er weder auf der andern Ringanse noch überhaupt später wiederfand.

Kater bemerkte am 17. December 1725 sowie an verschiedenen Tagen des darauffolgenden Januar, auf der äussern Ringfläche eine Anzahl feiner Theilungen, die dem Beobachter zufolge nicht permanent vorhanden blieben. Sicherer constatirt ist die durch Encke am 25. April 1837 auf dem äussern Ringe zuerst wahrgenommene Trennungsspalte, die, wenn man Struve's Ringdimensionen zu Grunde legt, 18,57″ vom Mittelpunkte, also 1,47″ vom äussersten Rande des äussern Ringes entfernt ist. Die Encke'sche Trennung steht von der Cassini'schen nur 0″,92 ent-

Digitized by Google

fernt. Lassell und Dawes haben im September 1843 ihre Breite zu $^1/_3$ derjenigen der Cassini'schen, also zu 120 bis 130 Meilen geschätzt, auch fanden sie dieselbe dem äussersten Rande des Ringsystems näher, als früher Encke's Messungen ergeben hatten.

Unter dem schönen Himmel Roms sah de Vico die Encke'sche Trennung häufig ganz ebenso dunkel, wie die ältere Linie Cassini's. Bisweilen gelang es erstere auf beiden Ringansen zugleich zu sehen, bisweilen auch nur auf einer, mehrmals war sie gar nicht sichtbar.

Ferner hat derselbe Astronom eine neue dunkle Linie auf dem innern Ringe, nämlich demjenigen, der zwischen der Cassini'schen Theilung und der Saturnkugel sich befindet, wahrgenommen. Sie erschien häufiger auf der östlichen Anse allein, wie auf beiden zugleich. Schliesslich zeigte sich zwischen ihr und der Cassini'schen Theilung häufig eine sehr feine Linie, bisweilen auf beiden Ringansen zugleich, bisweilen auch nur auf einer.

Am 11. und 15. November 1850 hat G. P. Bond mit seinem grossen Refractor innerhalb des bis jetzt erwähnten Ringsystems, also zwischen der innersten Ringkante und der Planetenoberfläche einen neuen sehr schwachen, fast durchsichtigen Ring entdeckt, dessen Breite 1,5″ betrug. Diese Entdeckung wurde bald darauf von Lassell und Dawes bestätigt. Uebrigens hatte Galle schon 1838 etwas Aehnliches, wenngleich mit geringerer Bestimmtheit bemerkt. O. Struve und Robert Smith haben darauf aufmerksam gemacht, dass dieser innerste Ring schon von Pound und Hadley ist erkannt worden, während andere Astronomen ihn für den Schatten des Hauptringes auf dem Planeten hielten. Nach Schwabe ist dieser Ring nicht überall gleichförmig, sondern in der Mitte und der östlichen Anse etwas heller als in der westlichen. Nach Secchi's Messungen beträgt der Durchmesser dieses Nebelringes 21,419″, wenn der Aequatorealdurchmesser des Planeten 17,661″ gross erscheint.

Neuere Messungen Secchi's in den Jahren 1854 bis 1856 geben für den äussersten Ringdurchmesser 40,893″, für den Durchmesser zwischen der Haupttheilung auf beiden Ansen 34,659″, für den innern Ringdurchmesser 25,714″. Secchi glaubt, dass die ganz ungemeinen Differenzen in den Winkelgrössen des Ringes, zu welchen die verschiedenen Beobachter gelangt sind, ja welche selbst seine eigenen Messungen unter einander zeigen, dadurch erklärbar würden, dass man die Breite des Ringes nicht allenthalben gleich annehme. Als der römische Astronom unter dieser Voraussetzung eine Rotation von 14,238 Stunden annahm, und von der Epoche 1855 December 24. $4^h\ 10^m$ Sternzeit ausging, ergab sich in der That eine befriedigende Uebereinkunft der einzelnen Beobachtungen.

O. Struve glaubt an eine successive Verengung des Saturnringes, eine Annahme, der freilich die Messungen nur zum Theil entsprechen.

Bessel hat aus den Störungen, welche der Ring auf die Bewegung des sechsten Satelliten ausübt, seine Masse zu $\frac{1}{115}$ der Saturnmasse be-

Digitized by Google

stimmt. Hieraus folgt unter Annahme gleicher mittlerer Dichte mit dem Planeten selbst, seine Dicke zu 30 Meilen, was von der Erde aus gesehen einem mittlern Winkelwerthe von 0,03″ entspricht.

Secchi in Rom hat den Saturn wiederholt spectroskopisch untersucht und gefunden, dass das am Merz'schen Refractor angebrachte Spectroskop im Roth einen starken, fast schwarzen Streifen zeigt, der bei ruhiger Luft vollkommen schwarz ist. Am äussersten Ende des Roth ist das Spectrum schlecht begrenzt, doch gibt es dort die Spur eines andern Streifens zu erkennen. Zwischem dem rothen und dem gelben Theile bemerkt man ein ziemlich scharf begrenztes Band, das ganz an das Band *D* erinnert; jenseits des Gelb zeigt sich eine Spur der Brewster'schen Region. Endlich unterscheidet man mehr oder weniger die Bänder *E*, *b*, *F* von Fraunhofer, doch sind genaue Positionsbestimmungen ungemein schwierig. Secchi hat festgestellt, dass der grosse schwarze Streifen im Roth ein der Saturnatmosphäre eigenthümlicher ist. Jupiter zeigt etwas Analoges, so dass die beiden grössten Planeten unseres Sonnensystems hinsichtlich ihrer Atmosphären ziemlich gleichartig erscheinen.

Saturn wird von 8 Monden umkreist, welche der Zeit ihrer Entdeckung nach folgende Reihenfolge haben.

6.	Mond	(Titan)	entdeckt	von	Huygens	am 25. März	1665
8.	„	(Japetus)	„	„	D. Cassini	im October	1671
5.	„	(Rhea)	„	„	„	am 23. December	1672
4.	„	(Dione)	„	„	„	„ 21. März	1684
3.	„	(Thetis)	„	„	„	„ „	1684
2.	„	(Enceladus)	„	„	W. Herschel	„ 18. Juli	1789
1.	„	(Mimas)	„	„	„	„ 17. September	1789
7.	„	(Hyperion)	„	„	Bond	„ 16. „	1848

Aus dieser Tabelle ist durch die vorgesetzten Zahlen 1 bis 8 die Aufeinanderfolge der Monde nach ihrer Entfernung vom Saturn angezeigt. Die Benennungen sind durch John Herschel eingeführt worden.

Die Saturnsmonde zeigen in ihren Distanzen vom Centralkörper eine gewisse Reihenfolge ähnlich wie die Jupitersmonde, nur ist die Reihe hier eine andere. Die Abweichungen zeigen sich bloss beim 7. und 8. Trabanten bedeutend, d. h. bei denjenigen Monden, deren Bahnen noch sehr wenig bekannt sind. In der nachstehenden Reihe bemerkt man zwischen dem 5. und 6. Trabanten eine auffallende Lücke. Dass hier noch ein nicht gesehener Trabant um Saturn circulire, darf als Möglichkeit, nach dem gegenwärtigen Zustande des Wissens, nicht geleugnet werden. Die Abstände, wie sie hier folgen, die berechneten und die wahren, sind in Halbmessern Saturns ausgedrückt und die Angaben von Sir John Herschel nach den Beobachtungen am Cap (1835 bis 1837), zum Grunde gelegt.

Digitized by Google

I.	Mond	0,934 + 2,415 =	3,35	(wahrer Abstand	=	3,36)	Δ = 0,01
II.	„	2. 0,934 + 2,415 =	4,28	(„	=	4,31)	0,03
III.	„	3. 0,934 + 2,415 =	5,22	(„	=	5,34)	0,12
IV.	„	5. 0,934 + 2,415 =	7,08	(„	=	6,84)	0,24
V.	„	8. 0,934 + 2,415 =	9,89	(„	=	9,55)	0,34
	„	13. 0,934 + 2,415 =	14,56				
VI.	„	21. 0,934 + 2,415 =	22,03	(„	=	22,14)	0,11

Der erste Mond (Mimas) wurde von Herschel im 40füssigen Spiegelteleskop am 18. Juli 1789 zuerst gesehen und bis zum 24. December desselben Jahres verfolgt. Beer und Mädler haben 1835 aus diesen Beobachtungen folgende Bahnelemente abgeleitet:

Halbe grosse Axe . . . . . 3,1408 Saturnhalbmesser
Excentricität 0,0689
Umlaufszeit . . . . . $22^h\ 36^m\ 17{,}705^s$
Länge des Perisaturniums $104^0\ 42'$ (für 1789)
Epoche . . . . . 1789 Sept. 14. $13^h\ 37{,}8^m$ mittl. par. Zeit
für $264^0\ 16'\ 36''$ saturnocentrischer Länge.

Schröter glaubte einmal diesen Mond wahrgenommen zu haben, allein erst am 27. Juni 1838 wurde er von de Vico in Rom mit Sicherheit wiedergesehen und fand dieser Astronom aus der Verbindung seiner mit den Beobachtungen Herschels eine Umlaufszeit von $22^h\ 36^m\ 17{,}058^s$.

Dieser Trabant ist ungemein schwierig wahrzunehmen; nicht allein, weil er meist durch den Planeten oder dessen Ring verdeckt wird, sondern auch wegen seiner Unbedeutendheit und Lichtschwäche. Dagegen tritt er, wie zuerst de Vico bemerkte, deutlich hervor, wenn Saturn und sein Ring im Fernrohr durch ein kleines Plättchen verdeckt wird. Als der Ring im Jahre 1862 verschwand, wurde dieser mit allen übrigen Saturnsmonden zugleich in Pulkowa gesehen.

Für den zweiten Trabanten (Enceladus) ergibt sich aus Herschel's Beobachtungen vom 8. September bis zum 24. December 1789, nach den Rechnungen von Beer und Mädler folgende Bahn:

Distanz vom Centrum Saturns 4,0319
Umlaufszeit . . . . . $32^h\ 53^m\ 2{,}728^s$
Epoche . . . . . 1789 Sept. 14. $12^h\ 4{,}8^m$ mittl. par. Zeit
für $67^0\ 56'\ 25{,}5''$ saturnocentrischer Länge.

Die Bahn scheint, den Beobachtungen zufolge, nur eine sehr geringe Excentricität zu besitzen. Lamont, der diesen Trabanten im Sommer 1836 wieder auffand, erhielt als Umlaufszeit $32^h\ 52^m\ 57{,}275^s$.

Der dritte Saturnsmond (Thetis) wurde von Cassini aufgefunden, als er ein 100füssiges Campanisches Fernrohr probirte. Herschel und Lamont haben ihn wiedergesehen und letzterer Astronom findet folgende Bahn:

Digitized by Google

Halbe grosse Axe 4,9926
Excentricität 0,0051
Umlaufszeit . . . . . $45^h\ 13^m\ 32{,}96^s$
Perisaturnium . . . . . $184^0\ 36'$
Neigung gegen die Ringebene . . . . . $1^0\ 33'\ 6''$
Aufsteigender Knoten . . . . . $357^0\ 39'$
Epoche 1836 April 23. . . . . $8^h\ 36^m\ 20{,}25^s$ mittl. par. Zeit für $158^0\ 31'$ saturnocentrischer Länge.

Der vierte Satellit (Dione), der von Cassini aufgefunden wurde, ist nach ihm zuerst von dem ältern Herschel in Slough und von Herschel dem Sohne am Cap der guten Hoffnung 1835 bis 1837 gesehen worden. Aus den letzteren Beobachtungen ergibt sich:

Distanz vom Centrum Saturns 6,8398
Umlaufszeit . . . . . $2^d\ 17^h\ 41^m\ 8{,}9^s$

Der fünfte Trabant (Rhea) wurde von Cassini in einem 35füssigen Fernrohre aufgefunden und erst von Schröter und Herschel dem Sohne wiedergesehen. Von seiner Bahn weiss man nur, dass ihre etwaige Excentricität sehr gering ist und die

Mittlere Entfernung 9,5528
Umlaufszeit . . . . . $4^d\ 12^h\ 25^m\ 10{,}8^s$

Schröter schätzte den wahren Durchmesser dieses Mondes auf 260 Meilen.

Der sechste Saturnsmond (Titan) ist, Dank den Arbeiten Bessel's, genauer bekannt, als selbst einer der Jupitersmonde. Der berühmte Astronom gibt folgende Bahnelemente:

Mittlere Entfernung 20,7060
Excentricität 0,02922326
Umlaufszeit . . . . . $15^d\ 22^h\ 41^m\ 25{,}2^s$
Perisaturnium . . . . . $244^0\ 35'\ 50''$
Aufsteigender Knoten in der Ekliptik $167^0\ 39'\ 16{,}6''$
Neigung gegen die Ekliptik . . . . . $27^0\ 33'\ 46{,}4''$
Mittlere Länge . . . . . $125^0\ 0'\ 52''$
Epoche 1830 Januar 0,0 mittl. par. Zeit.

Die Länge des aufsteigenden Knotens nimmt siderisch in jedem Jahre $14{,}70''$ ab, das Perisaturnium rückt ebenso $29'\ 39{,}25''$ vor, und die Neigung der Bahn vermindert sich um $0{,}254''$. Titan ist der hellste und grösste aller Saturnsatelliten. Huygens sah ihn zuerst in einem selbst verfertigten 12füssigen Fernrohre. Die früheren Angaben, dass dieser Trabant einen Durchmesser von 1000 Meilen habe, also dem Mars mindestens gleich stehe, sind sehr zu verringern. Schon Schröter schätzte ihn nur zu 680 Meilen und Mädler's Versuche im Dorpater Refractor führten auf 350 bis 400 Meilen.

Digitized by Google

Der siebente Saturnsmond (Hyperion) wurde fast gleichzeitig von Bond und Lassell im September 1848 aufgefunden, Bond gibt folgende Bahn:

Halbe grosse Axe . . .	26,85
Umlaufszeit	21,284 Tage
Excentricität	0,115
Perisaturnium	295°
Mittlere Länge	82°

Epoche 1848 September 19. 18^h mittl. Zeit von Greenwich. Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik scheint sehr gering zu sein.

Nach Lassell ist dieser Trabant an und für sich weit schwächer als der innerste, Mimas. Die neuesten Beobachtungen auf Malta haben ergeben, dass der letztere Satellit keineswegs so absolut lichtschwach ist, als man seit Herschel annahm.

Der achte Satellit (Japetus) wurde im October 1671 von Cassini in einem 17füssigen Fernrohre entdeckt. Die beiden Herschel haben ihn genauer beobachtet, allein die Bahn ist nur ungenügend bekannt.

Halbe grosse Axe	64,4
Excentricität	0,284
Umlaufszeit	$79^d\ 7^h\ 54^m$
Neigung gegen die Ekliptik . .	18° 38′
Länge des Perisaturniums . . .	349° 20′
„ „ aufsteigenden Knotens.	143° 1′

Epoche 1857 Januar 0,0 mittl. Zeit von Greenwich für 78° 9′ mittl. Länge.

Schon Cassini und Maraldi bemerkten an diesem Monde eine Eigenthümlichkeit, die ihre Erklärung in dem supponirten Gesetze gleicher Rotations- und Revolutionsdauer der Satelliten findet. Wenn dieser Mond sich im östlichen Theile seiner Bahn befand, so verschwand er vollständig für schwächere Ferngläser und nur Herschel dem Aeltern gelang es mit vieler Mühe, ihn während zehn Umläufen beständig wahrzunehmen. Ungleichheiten im Glanze sind auch von Bernard 1787 und von Schröter bestätigt worden. Den wahren Durchmesser dieses kleinen Gestirns kennt man ebensowenig wie seine Masse, oder die Massen der übrigen Saturnssatelliten. Dieselben stehen in dieser Hinsicht weit hinter den Jupitersmonden zurück.

John Herschel hat im November 1845 auf eine Eigenthümlichkeit der Umlaufsperiode mehrerer Saturnstrabanten aufmerksam gemacht, die derjenigen der Jupiterssatelliten einigermaassen analog ist. Die Periode des dritten Satelliten ist das Doppelte von jener des ersten und der vierte Mond hat die zweifache Umlaufszeit des zweiten. Diese Commensurabilität der Revolutionen geht bis auf $^1/_{800}$ der längern Periode. Neuerlich hat Pro-

Digitized by Google

fessor d'Arrest darauf aufmerksam gemacht, dass noch eine andere Periode von $465^3/_4$ Tagen existirt, nach deren Ablauf die vier inneren Saturnsmonde in Bezug auf die Sonne und den Centralkörper wieder genau an derselben Stelle stehen.

Es sind nämlich

494	Umläufe	des	ersten	Saturnsmondes	=	465	Tage	18	Stunden
340	„	„	zweiten	„	=	465	„	18	„
247	„	„	dritten	„	=	465	„	18	„
170	„	„	vierten	„	=	465	„	18	„

Digitized by Google

Uranus.

„Die anerkannte Existenz dieses Weltkörpers," sagt Humboldt, „die grosse Entdeckung von William Herschel, hat nicht bloss die Zahl der seit Jahrtausenden allein bekannten sechs Hauptplaneten zuerst vermehrt und den Durchmesser des planetarischen Sonnengebietes mehr als verdoppelt; sie hat auch durch die Störungen, welche Uranus aus lange unbekannter Ferne erlitt, nach 65 Jahren zu der Entdeckung des Neptun geleitet. Uranus wurde zufällig bei der Untersuchung einer kleinen Sterngruppe in den Zwillingen durch seine kleine Scheibe erkannt, welche unter Vergrösserungen von 460- und 932mal weit mehr zunahm, als dies der Fall war bei anderen daneben stehenden Sternen. Auch bemerkte der scharfsinnige, mit allen optischen Erscheinungen so vertraute Entdecker, dass die Lichtintensität bei starker Vergrösserung in dem neuen Weltkörper beträchtlich abnahm, während sie bei den Fixsternen gleicher (6. bis 7.) Grösse dieselbe blieb."

Als Herschel am 13. März 1781 zwischen 10 und 11 Uhr Abends mit einem 7füssigen Teleskope den Uranus zuerst wahrgenommen hatte, glaubte er, obgleich das Gestirn weder Nebelhülle noch Schweif besass, und eine äusserst langsame Bewegung zeigte, einen Kometen aufgefunden zu haben, und zeigte seine Entdeckung auch unter diesem Namen am 26. April 1781 der Königlichen Gesellschaft in London an.

In Folge dessen wurden sämmtliche ersten Bahnberechnungen unter Voraussetzung einer Parabel ausgeführt, bis am 8. Mai 1781 Saron zuerst zeigte, dass man den Beobachtungen nur mit einer Periheldistanz von mindestens 14 Erdbahnradien genügen könne.

Laplace scheint der Erste gewesen zu sein, der (im August 1781) die Nothwendigkeit erkannte, das neue Gestirn als Planeten anzusehen, dessen mittlere Distanz von der Sonne das 19fache von jener der Erde sei. Méchain und Lexell bestätigten diese Folgerung.

Unter solchen Umständen machte Herschel von den ihm zustehenden Rechte der Benennung Gebrauch und nannte das neue Gestirn Georgium sidus, zu Ehren seines königlichen Gönners Georg III von England.

Digitized by Google

Doch fand diese Benennung in der astronomischen Welt wenig Beifall. Vielmehr wünschte Lalande, dass man den Planeten „Herschel" nennen möge, Prosperin schlug den Namen „Neptun", Lichtenberg „Asträa", Poinsonet „Cybele" vor; aber Bode's Benennung „Uranus" hat die Oberhand behalten, und selbst die englischen Astronomen, unter ihnen der Sohn des Entdeckers, haben sich, zum Theil erst seit 1851, dieser Bezeichnung angeschlossen.

Die bald nach der Entdeckung auftauchende Frage, weshalb Uranus nicht bereits früher gesehen worden, da er doch als Stern 6. Grösse erscheint, fand 1784 ihre Beantwortung durch Bode's Auffindung einer ältern Beobachtung des Planeten vom Jahre 1756, bei welcher Tobias Mayer denselben als Fixstern angesehen hatte. Von älteren Beobachtungen des Uranus sind überhaupt bis jetzt aufgefunden worden:

7 Positionsbestimmungen Flamsteed's, aufgefunden von Bode und Burckhardt. 3 Positionsbestimmungen Bradley's, aufgefunden von Bessel und Hugh Breen. 1 Positionsbestimmung von Tobias Mayer, aufgefunden von Bode. 12 Positionsbestimmungen von Lemonnier, aufgefunden von ihm selbst und Bouvard.

Solche Beobachtungen haben im Vereine mit den seit Herschel angestellten, eine verhältnissmässig genaue Ableitung der Bahnelemente des Uranus gestattet.

Die mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne beträgt 19,182639; die Excentricität 0,0466109 mit einer Abnahme von

$$(0{,}0000002696 - 0{,}0000000000063\,t)\,t.$$

Die grösste Entfernung von der Erde ist also 419, und die kleinste 343 Millionen Meilen.

Die Dauer der siderischen Revolution ist 30686^d, 820830 oder 84 julianische Jahre 5 Tage 19 Stunden 41 Minuten 59,7 Secunden. Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist nur sehr gering, sie beträgt (1800,0) $0^0\,46'\,28'',44$ mit einer Zunahme von $(0'',0189 - 0'',00002231\,t)\,t$. Der aufsteigende Knoten liegt in $72^0\,59'\,14,1''$ und rückt tropisch um $(18'',338 - 0'',0001791\,t)\,t$ vor. Die Länge des Perihels ist $167^0\,30'\,22'',62$ mit einer tropischen Zunahme von $(53'',283 + 0'',0000891\,t)\,t$. Nach Zöllner's Messungen ist die mittlere Helligkeit des Planeten $\frac{1}{8486\,000\,000\,000}$, von derjenigen der Sonne, ein Resultat, dessen wahrscheinlicher Fehler 6 Procent beträgt.

Die scheinbare Grösse des Uranus ist noch nicht definitiv bestimmt. Herschel schloss aus seinen Messungen in den Jahren 1781 und 1782, dass der Winkeldurchmesser 4″ betrage. Mädler's genauere Messungen im Herbste 1842 und 1843 ergaben:

Aequatorealdurchmesser 4,276″, Polardurchmesser 3,860″.

Hieraus ergiebt sich eine Abplattung von $\frac{1}{10\,28}$. Obgleich Herschel am 13. October 1782 mit verschiedenen Vergrösserungen keine Ellipticität der Uranusscheibe erkannte, so glaubte er doch später, am 5. März 1792, am 26. Februar 1794 und am 21. April 1795 mit Vergrösserungen

Digitized by Google

von 240 bis 2500 unzweifelhaft, eine Abplattung wahrzunehmen, und schloss hieraus auf eine schnelle Axendrehung des Planeten. Spätere Beobachtungen mit grossen Instrumenten, besonders von Struve in Pulkowa, haben keine für uns wahrnehmbare Abplattung ergeben. Wenn man indess beachtet, dass die Trabanten der Planeten im Allgemeinen nahe in deren Aequatorealebenen sich bewegen, und bemerkt, dass beim Uranus die beiden innersten Satelliten nahezu gegen seine Bahnebene senkrecht sich bewegen, so folgt, dass die Pole dieses Planeten eine solche Lage haben, bei welcher sie nur selten für unsern Anblick im Rande der Scheibe liegen. Diese wird vielmehr meist durch äquatoreale Regionen gebildet, so dass also durchgängig keine Abplattung wahrnehmbar ist, während solche doch gar wohl existiren kann.

Nach den oben angegebenen Winkelwerthen findet sich:

Aequatorealdurchmesser des Uranus . . 7900 geogr. Meilen
Polardurchmesser „ „ . . 7100 „ „

Der Planet übertrifft die Erde 87mal an Volum, und da seine Masse, die man zuerst zu $\frac{1}{17\,900}$, dann nach Lamont zu $\frac{1}{24\,600}$ annahm, doch $\frac{1}{20\,600}$ der Sonnenmasse ist, so folgt seine mittlere Dichte zu 0,18 von jener der Erde. Der Planet ist also nicht unbedeutend dichter als Saturn und kommt ungefähr dem Jupiter gleich.

Flecke sind auf der kleinen bleichen Scheibe noch nicht wahrgenommen worden. Nur Lassell vermuthete einmal einen dunklen Aequatorealgürtel wahrzunehmen. Derselbe Astronom findet in seinem grossen Teleskope den Uranus beträchtlich kleiner als man bisher annahm; seine Messungen ergeben den Durchmesser zu 3,568″ für die mittlere Entfernung.

Der beiden senkrecht zu einander gestellten Ringe, die Herschel 1787 und 1789 beim Uranus zu erkennen glaubte, muss hier als optischer Täuschung vorübergehend gedacht werden. Am 26. Februar 1792 erblickte der grosse Beobachter das Phänomen abermals $3\frac{1}{2}$ Stunden hindurch unverrückbar, schloss aber eben aus dieser Unveränderlichkeit, die mit der täglichen Bewegung des Himmelsgewölbes nicht harmonirte, dass das Ganze nur eine optische Täuschung sei.

Das Spectrum des Uranus ist im März 1869 zuerst von Pater Secchi in Rom beobachtet worden. Es zeigte ganz unerwartete Abweichungen von dem allgemeinen Typus der Planetenspectra. Zuerst besitzt es zwei grosse schwarze Banden, die eine im Blau, die andere im Grün; jene fällt indess nicht mit *F* und diese nicht mit *E* des Sonnenspectrums zusammen. In geringem Abstande von dieser letztern Bande verschwindet das Spectrum vollständig und zeigt bis jenseits des Gelb eine breite Lücke. Nur im Roth war ein schwacher Schimmer bemerklich.

Die Satelliten des Uranus gehören zu den am schwierigsten sichtbaren Objecten des Himmels. Herschel hat dieselben nie anders als mit *Front-view*-Teleskopen wahrzunehmen vermocht.

Digitized by Google

Zwei solcher Monde sah Herschel zuerst am 11. Januar 1787 und überzeugte sich in den folgenden Tagen von ihrer abhängigen Stellung zum Uranus. Weitere Satelliten glaubte er am 18. Januar und 19. Februar 1790, sowie am 28. Februar und 26. März 1794 wahrzunehmen, so dass die Gesammtzahl derselben auf sechs stieg. Die Resultate seiner desfallsigen Beobachtungen veröffentlicht Herschel 1797, die wichtigste Folgerung aus denselben ist die retrograde Bewegung dieser Trabanten. Als Bahnelemente fand der Entdecker:

1. Mond	Umlaufszeit	5^d	21^h	25^m	$20{,}6^s$
2. „	„	8	18		
3. „	„	10	23	9	59
4. „	„	13	11	8	59
5. „	„	38	1	48	
6. „	„	107	16	39	56

Diese Resultate sind, wie Herschel selbst gesteht, nur rohe Annäherungen und hergeleitet bloss aus einzelnen Schätzungen der Abstände vom Uranus. In einer Abhandlung vom 15. Juni 1815 verbesserte der berühmte Beobachter die gegebenen Umlaufszeiten für den 2. und 4. Mond, von denen er den erstern als den glänzendern bezeichnete, dessen Helligkeit jedoch Schwankungen erleide. John Herschel sah zuerst diese beiden Monde wieder in den Jahren 1828, 1830 bis 1832, und seine Beobachtungen ergaben folgende Umlaufszeiten:

1. Mond	8^d	16^h	56^m	$31{,}3^s$
2. „	13	11	7	12,6

Lamont hat einige Jahre später diese Gestirne ebenfalls aufgefunden und gibt als Umlaufszeiten derselben

1. Mond 8^d 16^h 56^m $28{,}5^s$ bei einer mittleren Entfernung von $31{,}3''$
2. „ 13 11 7 6,3 „ „ „ „ „ $40{,}1''$

Diese Rechnungen beziehen sich auf kreisförmige Bahnen, doch glaubt Lamont, dass dieselben in der That merklich excentrisch sind. Die vollständigen Untersuchungen über dieses entlegene Trabantensystem verdankt man den Beobachtungen Lassell's auf Malta. Nach ihm sind überhaupt nur vier Uranussatelliten vorhanden, und die übrigen von Herschel als solche bezeichneten waren keine Fixsterne. Lassell's beide innersten Monde konnte Herschel niemals wahrnehmen, sie liegen dem Planeten näher als sein erster Satellit. Nichtsdestoweniger hat Lassell dieselben häufig bei hellem Mondscheine gesehen, wodurch seine Behauptung, dass ausser jenen vier kein anderer Trabant vorhanden sei, allerdings sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt. Die genäherten Elemente der Bahnen sind folgende:

1. Trabant (Ariel)	Umlaufszeit	2^d	12^h	29^m	$20{,}7^s$
2. Trabant (Umbriel)	Umlaufszeit	4	3	28	7,5
3. Trabant (Titania)	Umlaufszeit	8	16	56	25,6
4. Trabant (Oberon)	Umlaufszeit	13	11	6	55,4

Digitized by Google

Die mittleren Distanzen dieser vier Monde vom Centrum des Uranus sind resp. 14,79″, 20,61″, 33,88″, 45,2″, woraus nach Hind's Rechnung die oben angegebene Masse des Hauptplaneten folgt.

Merkwürdig ist der Umstand, dass wenigstens die beiden äussersten Trabanten des Uranus rückläufig sind. Es ist dies der einzige bekannte Fall im ganzen Planetensysteme. Hoffentlich wird die Bearbeitung der in den letzten Jahren von Marth mittelst des Lassell'schen Reflectors angestellten Trabanten-Beobachtungen nicht mehr lange auf sich warten lassen, wodurch unsere Kenntnisse dieses merkwürdigen Satellitensystems endlich einigermaassen zuverlässigere werden.

Digitized by Google

Neptun.

Dieser erste durch analytische Combinationen vor seiner praktischen Auffindung theoretisch als vorhanden erkannte Planet, bezeichnet gegenwärtig die äusserste Grenze unserer planetarischen Welt.

Als Alexis Bouvard 1821 seine Uranustafeln publicirte, sprach er zuerst aus, dass sämmtliche vorhandenen Beobachtungen sich nicht durch ein und dasselbe System von Elementen darstellen liessen. Der berühmte Rechner liess es unentschieden, ob diese Differenzen thatsächlich aus der Ungenauigkeit der älteren Beobachtungen oder aus irgend einer andern, den Lauf des Uranus beeinflussenden Ursache entstanden. Später neigte sich Bouvard der Annahme eines unbekannten störenden Planeten zu und ging, als die nächsten Jahre nach Veröffentlichung seiner Tafeln abermals Abweichungen zeigten, mit dem Plane um, durch eine umgekehrte Störungsrechnung möglicher Weise die Bahn des störenden Körpers zu bestimmen.

Bessel beschäftigte sich gegen Ende der dreissiger Jahre mit demselben Probleme und hatte bereits eine Reduction sämmtlicher vorhandenen Beobachtungen vornehmen lassen.

Unter diesen Umständen forderte Arago den derzeitigen Lehrer am Collége Stanislas in Paris, Urban Leverrier, auf, sich mit dem Problem der Uranusbewegung zu beschäftigen.

Leverrier begann seine Arbeiten im Sommer 1845 und legte die Resultate derselben am 10. November 1845, am 1. Juni und am 31. August 1846 der pariser Akademie vor. Am 8. September sandte er seine Recherches sur les mouvement d'Uranus an Schumacher nach Altona und forderte eine Woche später Galle in Berlin auf, sich im Sternbilde des Wassermannes nach einem neuen Planeten umzusehen, dessen heliocentrische Länge für 1847 Januar 1,0 er zu 327° 24′ angab.

In der That fand Galle am 23. September, demselben Tage, an welchem ihm Leverrier's Aufforderung zuging, den Planeten nur 55′ von der ihm angewiesenen Stelle entfernt. Diese Auffindung wurde zum Theil durch die Berliner akademische Sternkarte hora XXI, die eben vollendet war, ermöglicht.

Digitized by Google

Leverrier hatte sich bei seinen Untersuchungen des merkwürdigen Gesetzes bedient, das sich in den Abständen der bekannten Planeten ausspricht. Da aber die Grösse der Störung von Masse und Distanz des störenden Körpers zugleich abhängt, und eines dieser Elemente für sich allein nicht aus den Beobachtungen zu entwickeln war, so musste die Umlaufszeit und Masse des Planeten in dem Maasse aus der theoretischen Untersuchung fehlerhaft hervorgehen, als das ebengenannte Titius'sche Gesetz bei demselben Planeten von der Wahrheit abwich.

Leverrier's Elemente, wie er sie am 31. August 1846 in den Comptes rendus publicirte, sind folgende:

Halbe grosse Axe	36,154
Excentricität	0,10761
Umlaufszeit	217,387 Jahre
Länge des Perihels . . .	284° 45′
Masse	$\frac{1}{9300}$
Mittlere Länge	318° 47′
Epoche 1847 Januar 1,0.	

Für die genauere Bahnbestimmung war Petersen's Auffindung einer frühern Beobachtung des neuen Planeten durch L. Lalande (am 10. Mai 1795 als Stern 8. Grösse), sowie einer andern von demselben Astronomen zwei Tage früher angestellten, die dieser aber, wie Mauvais zuerst bemerkte, wahrscheinlich wegen mangelnder Uebereinstimmung mit der zweiten, unterdrückt hatte, von sehr grosser Wichtigkeit.

Hind hat später gezeigt, dass Lamont bei seinen Zonenbeobachtungen, um dieselbe Zeit als Leverrier sich mit der Bahnbestimmung beschäftigte, den Planeten beobachtet hat: am 25. October 1845 als Stern 9. Grösse und am 7. September 1846 als Stern 8. Grösse.

Kowalsky's Berechnung zeigte bald evident die ungemeine Abweichung des Titius'schen Gesetzes bei dem neuen Planeten, so dass Leverrier's Umlaufszeit um fast $^1/_3$ zu gross ist.

Nach den Untersuchungen von Newcomb sind für 1850 Januar 0, mittl. Zt. v. Greenwich, die Bahnelemente des Neptun folgende:

Halbe grosse Axe 30,07055; Umlaufszeit 164,782 julianische Jahre; Länge des Perihels 43° 17′ 30,30″; Länge des aufsteigenden Knotens 130° 7′ 31,83″; Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 1° 47′ 1.67″; Excentricität 0,0084962. Die mittlere Oppositionshelligkeit des Neptun beträgt nach Zöllner's Messungen $\frac{1}{79\,620\,000\,000\,000}$ der mittleren Sonnenhelligkeit.

Für die Masse des Planeten hatte, wie bereits angegeben, Leverrier theoretisch $\frac{1}{9300}$ der Sonnenmasse gefunden. Die späteren Beobachtungen haben diesen Werth erheblich modificirt.

Bond findet aus seinen Beobachtungen des Neptuntrabanten $\frac{1}{19\,400}$, O Struve auf gleichem Wege $\frac{1}{14\,446}$, Lassell $\frac{1}{17\,007}$, Hind und Herschel

Digitized by Google

ziehen $\frac{1}{18\,780}$, Adams $\frac{1}{20\,897}$ vor. Peirce findet $\frac{1}{19\,846}$. Neuerdings hat Safford aus den Störungen des Uranus einen neuen Werth abgeleitet, nämlich $\frac{1}{20039 \pm 295}$, der mit dem von Newcomb gefundenen $\frac{1}{21\,000}$ gut harmonirt.

Auf der pariser Sternwarte bestimmte man kurz nach Entdeckung des Planeten seinen scheinbaren Durchmesser zu 2,5″; Enke und Galle fanden 2,70″, Challis 3,07″, Lassell 2,230″, Mädler 1846 2,559″, Mitchell um dieselbe Zeit 2,523″. Aus diesen Messungen ergiebt sich, dass der wahre Durchmesser nicht viel von 2,7″ verschieden sein kann, was auf 8100 geographische Meilen führt. Die mittlere Dichte ist 0,13, also derjenigen des Uranus nahe gleich.

Eine Abplattung wurde beim Neptun bisher ebenso wenig als Flecke auf seiner Oberfläche bemerkt. Das Spectrum des Neptun enthält drei Hauptbanden. Die erste und schärfste findet sich auf der Gränze zwischen dem Grün und Gelb, etwa in der halben Distanz zwischen D und b. Sie ist ziemlich breit und an den Gränzen verwaschen. Von hier gegen den rothen Theil des Spectrums fortschreitend, findet man eine gelbe, ziemlich helle Bande, welche plötzlich das Spectrum abzubrechen scheint, so dass das Roth ganz fehlt. Dieses Fehlen ist nach Secchi wahrscheinlich kein scheinbares und hervorgerufen durch die Lichtschwäche des rothen Theiles, da Sterne von derselben Helligkeit wie Neptun das Roth sehr schön zeigen. Das Fehlen dieser Farbe im Spectrum des Neptun kann also nur einer Absorption zugeschrieben werden. Die zweite Absorptionsbande befindet sich an Stelle der Linie b, sie ist schlecht begränzt und schwierig aufzufassen. Die dritte befindet sich im Blau in einem grösseren Abstande als ein Drittel von der, welche die beiden vorhergehenden von einander trennt. Sie ist noch schwächer als die vorhergehende.

Pater Secchi macht noch darauf aufmerksam, dass die Beobachtung des Neptun mittelst des grossen Merz'schen Refractors unter dem heitern Himmel Roms, bei 350maliger Vergrösserung deutlich zeige, dass dieser Planet keine scharfe, sondern eine verwaschene, nebelartige Begränzung besitze.

Lassell und Challis glaubten bald nach Auffindung des Planeten diesen von einem Ringe umgeben zu erblicken. Doch hat sich diese Wahrnehmung in der Folge nicht bestätigt, wohl aber die Existenz eines Neptuntrabanten, der in den ersten Tagen des August 1847 von Lassell aufgefunden wurde. Der Entdecker sah ihn zum ersten Male in einem 20füssigen Spiegelteleskope bei 205- bis 300facher Vergrösserung. F. W. Struve in Pulkowa bestätigte die Entdeckung durch Beobachtungen vom 11. September bis 20. December 1847 und Bond sah gleichfalls den Satelliten am 16. September 1847.

Nach August Struve's Berechnung sind die Bahnelemente dieses Satelliten folgende:

Digitized by Google

Halbe grosse Axe	17,95″
Excentricität	0,02016
Umlaufszeit	$5^d\ 21^h\ 4^m\ 9^s$
Neigung gegen die Ekliptik .	$34^0\ 7'\ 1''$
Aufsteigender Knoten . . .	$299^0\ 1'\ 6''$
Perihel vom Knoten	$57^0\ 48'\ 24''$.

Bond findet die mittlere Entfernung 16,3″ und die Umlaufszeit $5^d\ 21^h\ 5^m\ 50{,}6^s$.

Am 14. August 1850 glaubte Lassell bei 628maliger Vergrösserung einen zweiten Neptuntrabanten zu sehen, doch spricht er sich, in Folge seiner neuesten auf Malta angestellten Beobachtungen definitiv gegen das Vorhandensein eines solchen aus, der eine den übrigen bekannten Monden noch vergleichbare Grösse besitze.

Der Neptuntrabant ist leichter sichtbar wie die Uranusmonde und scheint demnach diesen an Grösse bedeutend überlegen zu sein.

Schliesslich muss hier noch der Ansprüche gedacht werden, welche kurz nach Auffindung des Neptun von England aus an diese Entdeckung erhoben wurden. Hier hatte sich, fast gleichzeitig mit Leverrier, Adams an die Untersuchung der Uranusbahn gemacht, und bereits im September 1845 Resultate erhalten, die er Challis, und mit einigen Correctionen einen Monat später Airy vorlegte. Sie umfassten eine ähnliche, in gewissen Punkten genauere Lösung des Problems, als Leverrier ein Jahr später gab. Challis forschte in der von Adams bezeichneten Region des Himmels nach und notirte in der That die Position des neuen Planeten, wie sich später ergab, am 4. und 12. August, ohne jedoch bis zum darauffolgenden September Zeit zu finden, seine Beobachtungen zu einer detaillirten Karte jener Himmelsgegend zusammenzusetzen, die damals nur in Berlin vorhanden war. Inzwischen aber überflügelte Galle's glückliche Entdeckung die Arbeit von Challis.

Nichtsdestoweniger hat man Unrecht, dem englischen Mathematiker jeden Antheil an Entdeckung des Neptun absprechen zu wollen, wie dies von Seiten Arago's geschehen ist. Die Palme gehört rechtlich beiden Astronomen, indem es ebensowenig Leverrier's Verdienst war, das Neptun vor Ende September praktisch aufgefunden wurde, als Adams die Schuld trifft, dass Challis bis zu jenem Zeitpunkte den Planeten zwar fand, aber nicht sofort erkannte.

Aus Newcomb's neuesten Untersuchungen der Bahn des Neptun geht hervor, dass bis jetzt noch keine Nothwendigkeit vorliegt, die Existenz eines transneptunschen Planeten anzunehmen.

Digitized by Google

Die Kometen.

Die Kometen bilden einen wichtigen, aber lange Zeit hindurch sehr vernachlässigten Theil unseres Sonnensystems. Es mag wohl wenig Naturerscheinungen geben, welche einst einen gleich schreckenerregenden Eindruck auf den Menschen machten, und welche als so untrügliche Vorboten von Unglück und Missgeschick aller Art angesehen wurden, wie die am nächtlichen Himmel von Zeit zu Zeit auftauchenden Haarsterne. Aber trotzdem man mit Recht schon seit Jahrhunderten jeden Zusammenhang der Kometen mit irdischen Phänomenen aufgegeben hat, so herrschte doch bis herab zur Gegenwart über die wahre Natur und Stellung dieser seltsamen Himmelskörper noch sehr grosses Dunkel, und gerade diejenigen Schlüsse, zu welchen man durch Combination der mit beharrlicher Ausdauer verfolgten Phänomene gelangt war, haben durch die neuesten Untersuchungen von Schiaparelli, Leverrier, Weiss u. A. eine sehr starke Erschütterung erlitten.

Wenn scharfsinnige Denker und Forscher des classischen Alterthums wie Aristoteles in den Kometen nur ephemere Erscheinungen sahen, und Hevel und Kepler noch diesen Ansichten mehr oder minder beipflichteten; wenn Mästlin, Tycho de Brahe und Dörfel die Haarsterne zuerst, den Planeten vergleichbar, für wahre Himmelskörper erklärten; wenn später die fortschreitende Wissenschaft ihnen dauernde Existenz wie den alten Wandelsternen, die in elliptischen Bahnen einhergehen, zuschrieb; so ist die neueste Forschung zu Resultaten gelangt, die sich fast wie vermittelnd zwischen den Anschauungen zweier Jahrtausende ausnehmen.

Der Betrachtung der individuellen Verhältnisse der Kometen schicke ich hier vorauf ein Verzeichniss der bis jetzt erschienenen Gestirne dieser Art, so weit sich einigermaassen Zuverlässiges hierüber in den Annalen der Völker — vor Allen für die ältesten Zeiten, der Chinesen — aufgezeichnet finden. Kataloge dieser Art können für die früheren Epochen, sobald man über das sechzehnte Jahrhundert hinaufsteigt, nur eine relative Vollständigkeit beanspruchen; einestheils, weil die älteren kometari-

Digitized by Google

schen Nachrichten ungemein mangelhaft sind und, durch die abergläubigsten Vorstellungen verunstaltet, jeder Kritik entbehren, dann aber auch weil vor der Erfindung des teleskopischen Sehens und seiner exacten Benutzung in der neuern Astronomie nur diejenigen Haarsterne vermerkt wurden, die durch ihren Glanz das Auge des gewöhnlichen Mannes unwillkührlich auf sich zogen. Durch consequente, absichtliche Bemühungen hervorgerufene Kometenentdeckungen kommen zudem vor Hevel und Bianchini nicht vor.

Man ersieht aus dem Verzeichnisse unmittelbar, in welcher Weise sich im Laufe der Jahrhunderte der Fortschritt der kometarischen Astronomie gestaltete, von den ersten Zeiten ab, wo dürftige Notizen kaum über den Tag der Sichtbarkeit eines Schweifsternes belehren, bis herab zu den beiden letzten Jahrhunderten, in welchen aus möglichst fehlerfreien Positionsbestimmungen sämmtliche Elemente der Kometenbahnen abgeleitet werden. Nur bei sehr wenigen älteren Kometen sind die Beobachtungen zahlreich genug, um aus denselben genäherte parabolische Elemente ableiten zu können, und zudem ist meist noch die herausgebrachte Parabel ein blosses Rechnungsresultat, dem die Wirklichkeit nur innerhalb sehr weit gezogener Grenzen zu entsprechen braucht. Rechnungen über den Lauf und die Bahn der Schweifsterne finden sich selbstverständlich in den früheren Zeiten nicht. Die unrichtige Ansicht Kepler's, der die Kometen in geraden Linien sich bewegen liess, wurde schon durch Hevel verbessert, der an die Parabel dachte, aber erst 1680 sprach es Dörfel klar aus, dass die Schweifsterne in parabolischen Linien einhergehen, in deren Brennpunkte die Sonne sich befindet. Newton versuchte unter dieser Voraussetzung zuerst eine Bahnberechnung bei dem grossen Kometen von 1680, allein sein zum Theil graphisches Verfahren war noch so unvollkommen, dass er selbst von der Lösung des schwierigen Problems wenig erbaut blieb. Erst im Jahre 1705 gab Halley bessere Methoden, aus drei vollständigen Beobachtungen eine Kometenbahn zu bestimmen. Aus seinen Rechnungen über die Bahnen von 24 Kometen schloss er auf die Periodicität eines derselben, der also in einer excentrischen Ellipse einher ging. Clairaut's genauere Untersuchungen bestätigten die Voraussage und seit jener Zeit hat die Theorie der Bahnbestimmung der Kometen jene grossen Fortschritte gemacht, die wir an den betreffenden Arbeiten von Bessel, Argelander, Leverrier u. A. bewundern.

(Siehe das Verzeichniss der Kometen auf Seite 192.)

Die nachstehende Tafel sämmtlicher einigermaassen sichern Kometenerscheinungen seit dem Jahre 468 vor Beginne unserer Zeitrechnung weist 660 Phänomene dieser Art nach, von denen, nach Abzug der bloss teleskopischen 429 übrig bleiben, die dem blossem Auge sichtbar waren, also für je fünf bis sechs Jahre Einer. Nach dem Kataloge von Dr. Ph. Carl, der für die früheren Jahrhunderte einige Erscheinungen mehr ent-

Digitized by Google

hält als der obige — was in individuellen Ansichten über die Glaubwürdigkeit älterer Nachrichten seinen Grund hat — erhält man als Anzahl der dem blossen Auge sichtbaren Kometen für die verschiedenen Jahrhunderte folgende Zahlen:

Zeitperiode	Zahl der Kometen	Zeitperiode	Zahl der Kometen
612 bis 400 v. Chr.	3	600 bis 699 n. Chr.	21
499 „ 300 „	6	700 „ 799 „	13
399 „ 300 „	7	800 „ 899 „	31
299 „ 200 „	5	900 „ 999 „	20
199 „ 100 „	18	1000 „ 1099 „	28
99 „ 0 „	14	1100 „ 1199 „	22
0 „ 99 n. Chr.	21	1200 „ 1299 „	25
100 „ 199 „	18	1300 „ 1399 „	31
200 „ 299 „	35	1400 „ 1499 „	35
300 „ 399 „	21	1500 „ 1599 „	23
400 „ 499 „	19	1600 „ 1699 „	12
500 „ 599 „	24	1700 „ 1799 „	36

Diese Zahlen zeigen eine auffallende Verschiedenheit selbst für diejenigen Jahrhunderte, aus denen einigermassen vollständige Nachrichten vorliegen, und man legt sich unwillkürlich die Frage vor, weshalb in dem Zeitraume von 1400 bis 1499 nahe dreimal so viele grosse Kometen erschienen als während der gleichlangen Epoche von 1600 bis 1699. Wären die Kometen ohne eine gewisse feste Ordnung durch den Weltraum zerstreut, so müsste bei ihrer ungeheuer grossen Anzahl nach den Regeln des Wahrscheinlichkeitscalcüls die Summe sämmtlicher Erscheinungen dieser Art während zweier Jahrhunderte nahe die gleiche sein. Da dies nicht der Fall ist, darf man mit Recht schliessen, dass die Vertheilung der zahllosen Kometen im Raume und ihre periodische Sichtbarkeit für die Erde Gesetzen unterworfen ist, von denen wir gegenwärtig noch nichts Bestimmtes wissen. Bruhns hat auf die Seltenheit der Kometen in den Jahren 1843, 1844, 1856, 1865 und 1866 aufmerksam gemacht. „Nehme ich an," sagt dieser verdienstvolle Beobachter, „dass seit 1842 gleichmässig nach Kometen gesucht worden ist, so findet sich — die periodischen Kometen nicht mitgezählt — zwischen den Perihelien von Komet II 1843 und Komet II 1844 ein Zeitraum von über 17 Monaten, zwischen den Perihelien von Komet IV 1855 und Komet I 1857 ein Zeitraum von 16 Monaten und endlich zwischen den Perihelien von Komet I 1865 und Komet I 1867 ein Zeitraum von 24 Monaten. In diesen 24 Jahren kommt

Digitized by Google

Tafel der ersc

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit		Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Peri Dist
		v. Chr.	alter Styl				
1		468					
2		432					
3		428					
4	1	372		150° — 210°	270° — 330°	> 30°	klei
5		360					
6		345					
7		344					
8		341					
9		304					
10		302					
11		295					
12		239					
13		237					
14		233					
15		203					
16		171					
17		156					
18		155					
19		148					
20		146					
21		138					
22	1 a	137	April 29.	230°	220°	20°	1,010
23		136					
24		134					
25		120					
26		118					
27		110					
28		110					
29		108					
30		102					
31		86					

Digitized by Google

n Kometen.

e e	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						zur Zeit des Anaxagoras in Griechenland gesehen.
						nach chinesischen Berichten.
						von Aristoteles erwähnt.
			R		Pingré	in Griechenland gesehen.
						in China gesehen.
						nach römischen Berichten.
						von Diodor erwähnt.
						in Griechenland gesehen.
						in China gesehen.
						„
						„
						„ im Sommer.
						„ im Mai.
						„ im Februar.
						„ im August.
						„
						„ im October.
						„
						„ im October.
						„
						„ im Herbste.
			R		Peirce	„
						in Europa gesehen.
						„ China „
						„ „ „
						„ Europa „
						„ China „
						„ „ „
						„ „ „
						„ „ „
						„ „ „

Digitized by Google

Tafel der erso

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit.			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Per Dis
		v. Chr.	älter Styl					
32		84						
33		75						
34	1b	69	Juli		315°	5°	70°	0,7
35		62						
36		48						
37		43						
38		43						
39		42						
40		31						
41		29						
42	1c	12	Oct. 8.	$19^h\ 19^m\ 0^s$	280	28	10	0,5
43		3						
		n. Chr.						
44		10						
45		14						
46		19						
47		22						
48		39						
49		54						
50		56						
51		60						
52		62						
53		64						
54		65						
55	1d	66	Jan. 14.	4 57	325 0	32 40	40 30	0,
56		69						
57		75						
58		76						
59		77						
60		79						
61		110						

Digitized by Google

ıen Kometen.

ng)

lbe isse te	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in China im Frühling
						„ Italien gesehen
			D		Peirce	„ China „
						„ Europa „
						„ China (in der Cassiopeja)
						„
						„ Rom im Septbr. gesehen
						„ „ „
						„ China „
						„ Rom „
			R		Hind	„ China (in d. Zwillingen)
						„ „ im Frühling
						„ Italien gesehen
						„ „ u. China „
						„ China „
						„ „ im December „
						„ „ „ April „
						„ „ „ Herbste „
						„ „ „ Frühling „
						„ „ „
						„ Italien „
						„ China u. Italien „
						„ „ „
			R		Hind	„ „ „
						„ Europa „
						„ China im Juli „
						„ „ u. Italien „
						„ „ 106 Tage!. „
						„ Italien „
						„ China im Januar „

Digitized by Google

Tafel der ersc

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit.			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Peri dist
		n. Clr.	alter Styl					
62		117						
63		132						
64	1	141	März 29.	$2^h\ 33^m$	251° 55′	12° 50′	17° 0′	0,7
65		148						
66		161						
67		161						
68		178						
69		180						
70		180						
71		182						
72		188						
73		190						
74		192						
75		193						
76		200						
77		204						
78		207						
79		213						
80		218						
81		225						
82		232						
83		236						
84		238						
85	1f	240	Nov. 10.		27!	189	44	0,2
86		245						
87		247						
88		248						
89		248						
90		251						
91		252						
92		253						

Digitized by Google

n Kometen.

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
					in China im Januar gesehen.
					„ „ u. Italien „
		R		Hind	„ „ im April „
					„ „ „ October „
					„ „ „ Febr. „
					„ „ „ Juni „
					„ „ „ Herbste „
					„ „ „ August „
					„ „ „ Novbr. „
					„ „ „ — „
					„ „ „ Frühling „
					„ Europa — „
					„ China im Herbste „
					„ „ „ Novbr. „
					„ „ „ „ „
					„ „ „ „ „
					„ „ „ Febr. „
					„ „ „ Jan. „
					„ „ „ April „
					„ „ „ Dec. „
					„ „ „ „ „
					„ „ „ „ „
					„ „ — „
		D		Burckhardt	„ „ im Novbr. „
					„ „ „ Sept. „
					„ „ „ Jan. „
					„ „ „ April „
					„ „ „ August „
					„ „ — „
					„ „ im Frühlinge „
					„ „ „ Decbr. „

Digitized by Google

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit		Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Peri dist
		n. Chr.	alter Styl				
93		255					
94		257					
95		262					
96		265					
97		268					
98		268					
99		269					
100		275					
101		276					
102		277					
103		278					
104		279					
105		281					
106		283					
107		287					
108		290					
109		295					
110		300					
111		301					
112		302					
113		303					
114		305					
115		329					
116		336					
117		340					
118		343					
119		350					
120		358					
121		363					
122		373					
123		374					

Digitized by Google

n Kometen.

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
					in China im Januar gesehen
					„ „ — „
					„ „ im Dec. „
					„ „ „ Juni „
					„ „ „ Febr. „
					„ „ „ Herbste „
					„ „ „ „ „
					„ „ „ Jan. „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ im Herbste „
					„ „ „ Febr. „
					„ „ „ „ „
					„ „ (in d. Jungf.) „
					„ „ „ Jan. „
					„ „ „ Juli „
					„ „ „ August „
					„ „ „
					„ „ „ Jan. „

Digitized by Google

Tafel der ersc

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perih dista
		n. Chr.	alter Styl					
124		389						
125		390						
126		392						
127		395						
128		400						
129		401						
130		402						
131		415						
132		418						
133		419						
134		420						
135		422						
136		423						
137		432						
138		436						
139		442						
140		449						
141		451						
142		467						
143		499						
144		501						
145		507						
146		519						
147		520						
148		524						
149		530						
150		534						
151	2	539	Octbr. 20.	$15^h\ 0^m$	313° 30′	58° od. 238°	10° 0′	0,3
152		556						
153		560						
154		563						

Digitized by Google

a Kometen.

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
					in Europa im Jan. gesehen.
					„ „ „ Aug. „
					„ China — „
					„ „ im Aug. „
					„ „ „ Frühlinge „
					„ „ „ Jan. „
					„ Europa — „
					„ China — „
					„ „ — „
					„ „ im Febr. „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ im Sommer „
					„ Europa „ Nov. „
					„ China — „
					„ „ im Sommer „
					„ Europa — „
					„ „ — „
					„ China im Febr. „
					„ „ „ Herbst „
					„ Europa — „
					„ China im Oct. „
					„ Europa — „
					„ „ — „
					„ China — „
		D		Burckhardt	„ „ im Nov. „
					„ Europa „ „ „
					„ China „ Oct. „
					„ Europa — „

Digitized by Google

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Per dist
		n. Chr.	alter Styl					
155	3	565	Juli 14.	$12^h\ 0^m\ 0^s$	80° 0′	159° 30′	59° 0′	0,8
156		566						
157		568						
158	4	568	Aug. 29.	7 5 10	318 35	294 15	4 8	0,9
159	5	574	April 7.	6 52 34	143 39	128 17	46 31	0,9
160		575						
161		581						
162		582						
163		584						
164		588						
165		595						
166		602						
167		605						
168		607						
169		607						
170		608						
171		615						
172		617						
173		617						
174		626						
175		632						
176		634						
177		641						
178		663						
179		667						
180		668						
181		673						
182		676						
183		681						
184		683						
185		684						

Digitized by Google

n Kometen.

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
		R		Burckhardt	in China — gesehen.
					„ Europa im Nov. „
					„ China „ Sommer „
		D		Laugier	„ „ — „
		D		Hind	„ „ im Sommer „
					„ „ „ Frühling „
					„ „ „ Jan. „
					„ Europa — „
					„ „ — „
					„ China — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ „ — „
					„ China im Frühling „
					„ „ „ Herbste „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ China im Herbste „
					„ „ „ „ „
					„ „ „ „ „
					„ „ „ Sommer „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ China — „
					„ „ — „
					„ „ im April „
					„ „ — „

Digitized by Google

Tafel der ersch

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Perihe distan
		n. Chr.	alter Styl					
186		707						
187		708						
188		711						
189		712						
190		729						
191		730						
192		738						
193		744						
194		760						
195		762						
196		767						
197		770						
198	6	770	Juni 6.	$15^h\ 30^m\ 58^s$	$2^0\ 8'$	$88^0\ 54'$	$59^0\ 31'$	0,6027
199		813						
200		815						
201		817						
202		821						
203		828						
204	7	837	März 1.		289 3	206 33	$10^0 - 12^0$	0,58
205		837						
206		838						
207		839						
208		839						
209		840						
210		841						
211		852						
212		855						
213		857						
214		858						
215		864						
216		866						

Digitized by Google

nen Kometen.

ung.)

albe rosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
						in China — gesehen.
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ China im August „
						„ Europa — „
						„ China im Herbste „
						„ „ „ Frühlinge „
						„ Europa — „
						„ China im Mai „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ „ im Mai „
			R		Hind	„ „ „ Juni „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ „ im Herbste „
			R		Pingré	„ „ „ Frühlinge „
						„ „ „ Herbste „
						„ „ — „
						„ Europa — „
						„ China — „
						„ „ — „
						„ „ — „
						„ „ im Frühlinge „
						„ Europa — „
						„ China im Herbste „
						„ Europa „ Frühlinge „
						„ „ „ Sommer „
						„ „ — „

Digitized by Google

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Peril dist
		n. Chr.	alter Styl					
217		868						
218		869						
219		873						
220		875						
221		877						
222		878						
223		885						
224		886						
225		891						
226		892						
227		893						
228		894						
229		895						
230		904						
231		905						
232		912						
233		913						
234		923						
235		928						
236		930						
237		931						
238		936						
239		939						
240		941						
241		943						
242		956						
243		959						
244	8	961	Dec. 30.	$3^h\ 59^m\ 46'$	$268^0\ 3'$	$350^0\ 35'$	$79^0\ 33'$	0,551
245		975						
246		981						
247	9	989	Sept. 12.		264	84	17	0,568

Digitized by Google

n Kometen.

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
					in Europa im Jan. gesehen.
					„ „ „ Herbste „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ China — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ China im Herbste „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ China im Sept. „
					„ „ „ Nov. „
					„ „ „ Frühlinge „
					„ Europa — „
		R		Hind	„ China — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
		R		Burckhardt	„ China — „

Digitized by Google

Tafel der ersc

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Peri dist
		n. Chr.	alter Styl					
248		990						
249		995						
250		998						
251		1003						
252		1005						
253	fa	1006	März 22.	$0^h\ 0^m$	304° 30′	38°	17° 30′	0,58
254		1015						
255		1017						
256		1018						
257		1019						
258		1024						
259		1033						
260		1034						
261		1035						
262		1041						
263		1042						
264		1046						
265		1049						
266		1056						
267		1058						
268		1060						
269	10	1066	April 1.		264 55	25 50	17 0	0,72
270		1075						
271		1080						
272	11	1092	Febr. 15.		156 20	125 40	28 55	0,92
273		1096						
274	12	1097	Sept. 21.	21 36	332 30	207 30	73 30	0,73
275		1098						
276		1101						
277		1106						
278		1109						

Digitized by Google

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
					in China — gesehen
					„ Europa — „
					„ China im Febr. „
					„ „ „ Nov. „
					„ „ — „
		R		Pingré	„ Europa — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ China — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ China — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ „ — „
				Hind	„ China — „
					„ „ — „
					„ „ — „
		D		„	„ „ „
					„ Europa — „
		D		Burckhardt	„ China — „
					„ Europa „
					„ China im Jan. „
					„ „ „ Febr. „
					„ Europa „ Decbr. „

Digitized by Google

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Pe di
		n. Chr.	alter Styl					
279		1110						
280		1114						
281		1125						
282		1126						
283		1126						
284		1132						
285		1132						
286		1138						
287		1142						
288		1145						
289		1147						
290		1155						
291		1156						
292		1162						
293		1165						
294		1181						
295		1198						
296		1204						
297		1208						
298		1211						
299		1214						
300		1217						
301		1222						
302		1223						
303		1230						
304	12	1231	Jan. 30.	$7^h\ 22^m\ 0^s$	$134^0\ 48'$	$13^0\ 30'$	$6^0\ 5'$	0,
305		1232						
306		1240						
307		1250						
308		1254						
309	13	1264	Juli 19	19 12 0	300 29	140 55	16 29	0.

Digitized by Google

n Kometen.

)

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
					in Europa — gesehen.
					„ im Frühling „
					„ China — „
					„ „ — „
					„ „ im Decbr. „
					„ „ „ Jan. „
					„ „ „ Octbr. „
					„ „ „ Herbste „
					„ „ „ Decbr. „
					„ „ „ April „
					„ „ „ Febr. „
					„ Europa — „
					„ China — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ „ — „
		D		Pingré	„ China „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ „ „
		D		Hoek	„ China — „

Digitized by Google

Tafel der erst

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit				Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Per dist
		n. Chr.	alter Styl						
310		1265							
311		1266							
312		1269							
313		1273							
314		1274							
315		1277							
316		1285							
317		1293							
318		1298							
319	14	1299	März 31.	7^h	38^m	0^s	3° 20′	107° 8′	68° 57′	0,31
320	15	1301	Octbr. 24.	0	0	0	312 0	138 0	13 0	0.64
321		1304							
322		1305							
323		1313							
324		1314							
325		1315							
326		1334							
327	16	1337	Juni 15.	1	55	12	2 20	93 1	40 28	0,82
328		1338							
329		1340							
330		1345							
331		1347							
332	17	1351	Nov. 26.	12	0	0	69 0	—	—	1,0
333		1356							
334		1360							
335	18	1362	März 2.	8	0	0	227 0	237 0	32 0	0,47
336		1362							
337		1363							
338	18a	1366	Octbr. 13.	0	0	0	66 0	212 0	6 0	0,95
339		1368							
340		1371							

Digitized by Google

n Kometen.

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
					in China — gesehen.
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ China im Decbr. „
					„ Europa — „
					„ China — „
					„ Europa — „
					„ China — „
					„ „ — „
		R		Pingré	„ „ — „
		R		Laugier	„ „ — „
					„ „ — „
					„ Europa — „
					„ China im Frühlinge „
					„ Europa „ Octbr. „
					„ „ „ Winter „
					„ China — „
		R		Laugier	„ „ u. Europa „
					„ „ „ „
					„ „ „ „
					„ Europa — „
					„ „ — „
		D		Burckhardt	„ China u. Europa „
					„ „ „ „
					„ „ „ „
		R		„	„ „ „ „
					„ „ im Sommer „
					„ „ „ Frühlinge „
		?		Peirce	„ „ — „
					„ „ — „
					„ Europa — „

Digitized by Google

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit.			Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	Per dis
		n. Chr.	alter Styl					
341	19	1378	Nov. 8.	$18^h\ 28^m\ 48^s$	299° 31′	47° 17′	17° 56′	0,5
342		1380						
343		1382						
344		1382						
345	20	1385	Oct. 16.	6 23 46	101 47	268 31	52 15	0,7
346		1391						
347		1399						
348		1402						
349		1402						
350		1406						
351		1408						
352		1429						
353		1431						
354		1432						
355	21	1433	Nov. 4.	10 19 12	281 2	133 49	79 1	0,3
356		1436						
357		1439						
358		1444						
359		1450						
360		1452						
361		1454						
362	(19)	1456	Juni 8.	22 10 0	301 0	48 30	17 56	0,3
363	22	1457	Septbr. 3.	17 0 0	92 50	256 5	20 20	2,1
364		1459						
365		1460						
366		1463						
367		1465						
368		1468						
369	22a	1468	Oct. 7.	9 59 2	356 3	61 15	44 19	0,8
370		1471						
371	23	1472	Febr. 28.	5 22 34	48 3	207 32	1 55	0,1

Digitized by Google

n Kometen.

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
		R		Laugier	in China gesehen.
					„ Europa u. Japan „
					„ „ u. China „
					„ China im August „
		R		Hind	„ „ — „
					„ Europa im Mai „
					„ „ „ Nov. „
					„ „ „ Febr. „
					„ „ „ Sommer „
					„ „ — „
					„ „ — „
					„ China — „
					„ „ im Mai „
					„ Europa „ Sept. „
		R		Laugier	„ Europa u. China „
					„ „ — „
					„ „ u. Japan „
					„ „ „
					„ China „
					„ „ „
					„ Europa „
		R		Pingré	„ „ „
		D		Hind	„ „ „
					„ China „
					„ Europa „
					„ China „
					„ „ u. Japan „
					„ „ „
		R		Laugier	„ Europa u. China „
					„ „ „
		R	Regiomont.	„	„ „ „

Digitized by Google

Tafel der erse

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit				Länge des Perihels		Länge des aufsteigenden Knotens		Neigung der Bahn gegen die Ekliptik		Peril dista
		n. Chr.										
372		1476										
373	24	1490	Dec.	24.	$11^h\ 26^m\ 10^s$	58°	40′ 0″	288°	45′ 0″	51°	37′ 0″	0,737
374	24a	1491	Jan.	4.	21 45 0	113	0	168	0	75	0	0,753
375		1500										
376		1503										
377		1505										
378	25	1506	Sept.	3.	16 1 55	250	37	132	50	45	1	0,388
379		1512										
380		1513										
381		1514										
382		1516										
383		1518										
384		1521										
385		1522										
386		1530										
387	(19)	1531	Aug.	25.	19 10 0	301	12	45	30	17	0	0,579
388	26	1532	Oct.	18.	8 8 0	111	48	87	23	32	36	0,519
389	27	1533	Juni	14.	21 20 46	217	40	299	19	28	14	0,326
390		1538										
391		1539										
392		1545										
393	27a	1556	April	22.	4 35 10	216	6 30	175	13 54	32	25 42	0,490
394		1557										
395	28	1558	Aug.	10.	12 34 6	329	49	332	36	73	29	0,577
396		1560										
397		1569										
398	29	1577	Oct.	26.	22 53 57	129	42	25	20 24	75	9 42	0,177
399	30	1580	Novbr.	28.	11 59 26	108	26 56	19	6 42	64	38 46	0,002
400		1582										
401	31	1582	Mai	6.	10 0 43	256	15 18	229	18 1	60	47	0,186
402	32	1585	Oct.	8.	0 47 5	9	8 26	37	44 45	6	5 52	1,088

Digitized by Google

en Kometen.

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
					Während früher die Kometen fast ausschliesslich in chinesischen Berichten erwähnt werden, erscheinen sie von jetzt ab vorwiegend in den europäischen Chroniken, weshalb die Angaben wo das Gestirn gesehen wurde, in der Folge reih unterbleiben.
		D		Hind	
		R		Peirce	
		R		Laugier	
0,96739	75,0	R	Apian	Halley	
		D	Fracastor	Olbers	
		D		„	
		D		Hoek	
		R		Olbers	
		R	Tycho	Wolfstedt	
		D	Möstlin	Schjellerup	
		R	Tycho	d'Arrest	
		D	Wilhelm IV. v. Hessen	C. A. F. Peters	Mit diesem Kometen beginnt die Zeitrechnung n. d. neuen Styl.

Digitized by Google

Tafel der ers

Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit				Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Per dis
	n. Chr.													
403	33	1590	Febr.	8.	0^h	48^m	25^s	217°	57′	12″	165°	36′	56″	29°	29′	44″	0,5
404	34	1593	Juli	18.	13	48	0	176	19		164	15		87	58		0,0
405	35	1596	„	25.	5	17	59	270	54	35	330	20	49	51	58	10	0,5
406	(19)	1607	Oct.	26.	17	20	19	301	38	10	48	40	28	17	12	17	0,5
407	36	1618	Aug.	17.	3	12	0	318	20		293	25		21	28		0,5
408	37	1618	Nov.	8.	8	34	22	3	5	21	75	44	10	37	11	31	0,3
409		1618															
410		1625															
411		1628															
412		1630															
413		1639															
414		1647															
415	38	1652	Nov.	12.	15	50	0	28	18	40	88	10		79	28		0,8
416	39	1661	Jan.	26.	21	18	0	115	16	8	81	54	0	33	0	55	0,4
417	40	1664	Dec.	4.	11	45	26	130	42	33	81	15	52	21	18	12	1,0
418	41	1665	April	24.	5	25	0	71	54	30	228	2		76	5		0,1
419	42	1668	Febr.	28.	19	21	22	277	2		357	17		35	58		0,0
420	43	1672	März	1.	8	47	0	46	59	30	297	30	30	83	22	10	0,6
421		1676															
422	44	1677	Mai	6.	0	47	0	137	37	5	236	49	10	79	3	15	0,2
423	45	1678	Aug.	18.	17	42	40	322	47	37	163	20		2	52		1,1
424	46	1680	Dec.	17.	23	55	30	262	49	5	272	9	29	60	40	16	0,0
425	(19)	1682	Sept.	14.	19	14	14	301	55	37	51	11	18	17	44	45	0,5
426	47	1683	Juli	12.	17	34	36	86	31	15	173	17	48	83	47	46	0,5
427	48	1684	Juni	8.	10	26	0	238	52	0	268	15	0	65	48	40	0,9
428	49	1686	Sept.	16.	14	43	0	77	0	30	350	34	40	31	21	40	0,3
429	50	1689	Nov.	29.	4	57	0	269	41		90	25		59	5		0,0
430	51	1695	Nov.	9.	17	0	0	60			216			22			0,5
431	52	1698	Oct.	18.	17	7	0	270	51	15	267	44	15	11	46	0	0,6
432	53	1699	Jan.	13.	8	32	0	212	31	6	321	45	35	69	20	0	0,7
433		1699															

Digitized by Google

ien Kometen.

ng.)

lbe osse xe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Tycho	Hind	
			D	Ripensis	Lacaille	
			R		Hind	
			R	Harriot	Bessel	
			D	Keppler	Pingré	
			D	Kirch	Bessel	
			D	Hevel	Halley	
			D	„	Méchain	
			R		Lindeloef	
			R	Hevel	Halley	
			R	Aegidius	Henderson	
			D	Hevel	Halley	von Fontanay in Nantes beob.
			R	Hevel	Halley	
,070	0,626970	5,38	D	Lahire	Leverrier	
68	0,999985	8814,0	D	Kirch	Encke	
170	0,96792	77,5	R		Rosenberger	
081	0,98325	190	R	Flamsteed	Clausen	
			D	Bianchini	Halley	
			D		„	
			R	Richaud	Vogel	
			D	Jacob	Burckhardt	
			R	Lahire	Halley	
			R	Fontenay	Lacaille	am 26. Oct. v. Kirch gesehen.

Digitized by Google

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Peri dist
		n. Chr.															
434	54	1701	Oct.	17.	10^h	0^m	0^s	133°	41′	0″	298°	51′	0″	41°	39′	0″	0,59
435		1702															
436	55	1702	März	13.	14	42	43	138	46	34	188	59	10	4	24	44	0,64
437	56	1706	Jan.	30.	5	6	0	72	36	25	13	11	23	55	14	5	0,42
438	57	1707	Dec.	11.	23	39	0	79	54	56	52	46	35	88	36	0	0,85
439		1708															
440		1717															
441	58	1718	Jan.	14.	21	53	37	121	39	55	127	55	29	31	8	0	1,02
442	59	1723	Sept.	27.	15	13	30	42	52	35	14	14	17	50	0	18	0,99
443	60	1729	Juni	12.	18	0	0	320	27	36	310	38	0	77	5	18	4,04
444		1733															
445	61	1737	Jan.	30.	8	30	0	325	55	0	226	22	0	18	20	45	0,22
446	62	1737	Juni	8.	7	48	0	262	36	39	123	53	43	39	14	5	0,86
447	63	1739	„	17.	10	9	0	102	38	40	207	25	14	55	42	44	0,67
448	64	1742	Febr.	8.	15	1	0	216	39	20	185	9	30	67	31	40	0,77
449		1742															
450	65	1743	Jan.	10.	20	29	37	92	57	51	67	31	57	2	16	16	0,83
451	66	1743	Sept.	20.	21	26	3	246	33	52	5	16	25	45	48	21	0,02
452	67	1744	März	1.	7	51	30	197	14	36	45	49	27	47	17	38	0,22
453		1746															
454	68	1747	März	3.	7	20	0	277	2	0	147	18	50	79	6	20	2,19
455	69	1748	April	28.	18	53	30	215	23	29	232	51	50	85	28	23	0,84
456	70	1748	Juni	18.	21	27	22	278	47	10	33	8	29	67	3	28	0,62
457		1750															
458	71	1757	Oct.	21.	9	23	0	122	36	29	214	7	11	12	41	17	0,33
459	72	1758	Juni	11.	3	27	0	267	38	0	230	50	0	68	19	0	0,21
460	(19)	1759	März	12.	13	23	55	303	10	28	53	50	27	17	36	52	0,58
461	73	1759	Nov.	27.	2	28	20	53	24	20	139	39	24	78	59	22	0,79
462	74	1759	Dec.	16.	12	58	12	136	3	52	79	20	24	4	42	10	0,96
463	75	1762	Mai	28.	8	11	3	104	2	0	348	33	5	85	38	13	1,00
464	76	1763	Nov.	1.	21	4	19	84	57	27	356	17	38	72	31	10	0,49

Digitized by Google

ıen Kometen.

ng)

lbe sse xe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Pallu	Burckhardt	
						Ende Februar.
			D	Bianchini	„	
			D	Cassini	Struyck	
			D	Manfredi	Lacaille	
			R	Kirch	Argelander	
			R		Spörer	
			D	Sarabat	Burckhardt	
						im Mai gesehen.
			D			
			D			
			R	Zanotti	Lacaille	
			R	Grant	Barker	
						am 11. April gesehen.
			D	Grischow	Olbers	
			R	Klinkenberg	Klinkenberg	
			D	„	„	
			R	Chéseaux	Lacaille	
			R		Lemonier	
			D	Klinkenberg	Bessel	
			D	Bradley	de Ratte	
			D	de la Nux	Pingré	
968	0,96768	76,9	R	Palitzsch	Rosenberger	
			D	Messier	Chappe	
			R		„	
			D	Klinkenberg	Burckhardt	
06	0,99543	1137	D	Messier	Lexell	

Digitized by Google

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Peri dist
		n. Chr.															
465	77	1764	Febr	12.	13^h	51^m	36^s	15°	14′	52″	120°	4′	33″	52°	53′	31″	0,55
466	78	1766	„	17.	8	50	0	143	15	25	244	10	50	40	50	20	0,50
467	79	1766	April	26.	23	53	16	251	13	0	74	11	0	8	1	45	0,39
468	80	1769	Oct.	7.	15	2	43	144	11	29	175	3	59	40	45	50	0,12
469	81	1770	Aug.	13.	12	47	57	356	16	27	131	59	34	1	34	31	0,67
470	82	1770	Nov.	22.	5	48	0	208	22	44	108	42	10	31	25	55	0,52
471	83	1771	April	19.	5	15	40	104	3	16	27	51	55	11	15	19	0,96
472	84	1772	Febr.	8.	1	0	0	97	21	0	263	24	0	17	39	0	0,91
473	85	1773	Sept.	5.	14	43	9	75	10	58	121	5	30	61	14	17	1,12
474	86	1774	Aug.	15.	20	4	42	317	27	40	180	44	34	83	20	26	1,43
475	87	1779	Jan.	4.	2	13	41	87	14	27	25	4	10	32	30	57	0,71
476	88	1780	Sept.	30.	18	12	50	246	20	18	124	9	19	53	48	15	0,09
477	89	1780	Nov.	28.	20	30	19	246	52	0	141	1	0	72	3	30	0,51
478	90	1781	Juli	7.	4	41	20	239	11	25	83	0	38	81	43	26	0,77
479	91	1781	Nov.	29.	12	42	46	16	3	7	77	22	55	27	12	4	0,96
480	92	1783	„	19.	22	29	4	50	17	25	55	40	30	45	6	54	0,45
481	93	1784	Jan.	21.	4	56	47	80	44	24	56	49	21	51	9	12	0,70
482	94	1785	„	27.	7	58	4	109	51	56	264	12	15	70	14	12	1,14
483	95	1785	April	8.	9	8	12	297	29	33	64	33	36	87	31	54	0,42
484	96	1786	Jan.	30.	21	7	12	156	38	0	334	8	0	13	36	0	0,83
485	97	1786	Juli	8.	13	46	31	158	38	30	195	23	32	50	58	33	0,39
486	98	1787	Mai	10.	19	58	0	7	44	9	106	51	35	48	15	51	0,3
487	99	1788	Nov.	10.	7	34	47	99	8	7	156	56	43	12	27	40	1,0
488	100	1788	„	20.	7	25	0	22	49	54	352	24	26	64	30	24	0,7
489	101	1790	Jan.	16.	19	7	30	58	24	45	172	50	2	29	44	7	0,7
490	102	1790	„	28.	7	45	30	111	44	37	267	8	37	56	58	13	1,0
491	103	1790	Mai	20.	11	30	0	274	57	20	35	14	0	63	35	0	0,7
492	104	1792	Jan	13	12	59	36	36	20	32	190	42	9	39	45	47	1,2
493	105	1792	Dec.	27.	7	56	30	135	52	35	283	14	44	49	7	14	0,9
494	106	1793	Nov.	4.	20	21	0	128	42	0	108	29	0	60	21	0	0,4
495	107	1793	„	19.	12	6	51	71	37	8	2	17	19	51	54	34	1,5

Digitized by Google

en Kometen.
ng.)

lbe esse xe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Messier	Pingré	
			R	„	„	
864	0,864	5,025	D	Helfenzrieder	Burckhardt	
46	0,99925	2090	D	Messier	Bessel	
163	0,78684	6,626	D	„	Leverrier	
			R		Pingré	
	1,00937		D	„	Encke	
822	0,67692	4,741	D	Montagne	Gauss	
			D	Messier	Burckhardt	
	1,0283		D	Montagne		
			D	Messier	Zach	
			R	„	Méchain	
			R	Montagne	Olbers	
			D	Méchain	Méchain	
			R	„	Legendre	
260	0,55245	5,888	D	Pigott	C. H. F. Peters	
			R	de la Nux	Méchain	
			D	Messier	„	
			R	Méchain	„	
308	0,84836	3,281	D	„	Encke	
			D	C. Herschel	Reggio	
			R	Méchain	Saron	
			R	Messier	Méchain	
			D	C. Herschel	„	
			R	„	Saron	
			D	Méchain	Méchain	
			R	C. Herschel	Englefield	
			R	„	Zach	
			R	Gregory	Piazzi	
			R	Messier	Saron	
			D	Perny	d'Arrest	

Digitized by Google

Tafel der ersch

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit.					Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perihe distan
		n. Chr.														
496	(96)	1795	Dec.	21.	10^h	44^m	22^s	156°	41′	20″	334°	39′	22″	13°	42′	30″	0,3344
497	108	1796	April	2.	19	57	3	192	44	13	17	2	16	64	54	33	1,5781
498	109	1797	Juli	9.	2	53	52	49	34	42	329	16	30	50	35	50	0,5254
499	110	1798	April	4.	12	7	37	105	6	57	122	12	21	43	44	42	0,4845
500	111	1798	Dec.	31.	13	26	24	34	27	27	249	30	30	42	26	4	0,7795
501	112	1799	Sept	7.	5	43	25	3	39	10	99	27	19	50	57	30	0,8401
502	113	1799	Dec.	25.	21	40	10	190	20	12	326	49	11	77	1	38	0,6258
503	114	1801	Aug.	8.	13	32	0	183	49	0	44	28	0	21	20	0	0,2617
504	115	1802	Sept.	9.	21	32	26	332	9	4	310	15	39	57	0	47	1,0941
505	116	1804	Febr.	13.	14	25	45	149	4	25	176	53	29	56	56	2	1,0750
506	(96)	1805	Nov.	21.	12	9	11	156	47	24	334	20	10	13	33	30	0,3404
507	(84)	1806	Jan.	1.	23	32	12	109	32	23	251	15	15	13	38	45	0,9068
508	117	1806	Dec.	28.	22	10	23	97	3	24	322	23	16	35	2	33	1,0819
509	118	1807	Sept.	18.	17	53	20	270	54	42	266	47	11	63	10	28	0,6461
510		1808															
511	119	1808	Mai	12.	23	1	25	69	12	57	322	58	36	45	43	7	0,3898
512	120	1808	Juli	12.	4	10	49	252	38	50	24	11	15	39	18	59	0,6978
513	121	1810	Sept.	29.	2	32	52	52	44	42	310	21	2	61	11	15	0,9757
514	122	1811	„	12.	6	1	53	75	0	34	140	24	44	73	2	21	1,0854
515	123	1811	Nov.	10.	23	55	38	47	27	27	93	1	52	31	17	11	1,5821
516	124	1812	Sept.	15.	7	40	52	92	18	44	253	1	2	73	57	3	0,7771
517	125	1813	März	4.	12	47	31	69	56	8	60	48	24	21	13	33	0,6998
518	126	1813	Mai	19.	12	24	46	197	36	49	42	40	12	81	7	28	1,2138
519	127	1815	April	25.	23	58	5	149	1	56	83	28	34	44	29	55	1,2128
520	127a	1816	März	1.	8	27	0	267	35	33	324	14	56	43	5	26	0,0485
521		1817															
522	127b	1818	Febr.	7.	9	40	44	97	7	0	250	4	0	20	2	0	0,7328
523	128	1818	„	25.	23	10	10	182	45	22	70	26	11	89	43	48	1,1977
524	129	1818	Dec.	5.	0	56	11	101	47	30	90	0	51	63	0	24	0,8548
525	(96)	1819	Jan.	27.	6	18	14	156	59	12	334	33	19	13	36	54	0,3358
526	130	1819	Juni	27.	17	1	30	287	5	5	273	43	44	80	45	53	0,3410

Digitized by Google

…en Kometen.

…ng).

…be …sse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
2,213	0,84888	3,292	D	C. Herschel	Encke	
			R	Olbers	Olbers	
			R	Bouvard	Bouvard	
			D	Messier	Olbers	
			R	Bouvard	Burckhardt	
			R	Méchain	Zach	
			R	„	Méchain	
			R	Pons	Burckhardt	
			D	„	Olbers	
			D	„	Wahl	
2,213	0,84618	3,292	D	Bouvard	Encke	
2,567	0,74578	6,737	D	Pons	Gambart	
	1,0102		R	„	Hensel	
3,20	0,99549	1714	D	Parisi	Bessel	
						im Febr. von Pons gesehen.
			R	Pons	Encke	
			R	„	Bessel	
			D	„	Triesnecker	
11,02	0,99549	3069	R	Flaugergues	Argelander	
11,51	0,98271	875	D	Pons	Nicolai	
7,095	0,95454	71	D	„	Encke	
			R	„	Nicollet	
			R	„	Ferrer	
7,634	0,93122	74	D	Olbers	Bessel	
			D	Pons	Burckhardt	
						am 1. Nov. v. Olbers gesehen.
			D	Pons	Pogson	
			D	„	Encke	
	1,01162		R	„	Rosenberger	
1,214	0,84858	3,295	D	„	Encke	
			D	Tralles	Brinkley	

Digitized by Google

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Per di
527	131	1819	Juli	18.	21^h	45^m	39^s	274^0	$40'$	$51''$	113^0	$10'$	$46''$	10^0	$42'$	$48''$	0,7
528	132	1819	Nov.	20.	6	2	55	67	18	48	77	13	57	9	1	16	0,8
529	133	1821	März	21.	13	2	0	239	29	25	48	40	56	73	33	7	0,0
530	134	1822	Mai	5.	14	42	0	192	43	51	177	26	56	53	37	24	0,5
531	(96)	1822	„	23.	23	16	1	157	11	44	334	25	9	13	20	17	0,3
532	135	1822	Juli	16.	0	44	23	219	53	48	97	51	23	37	43	4	0,8
533	136	1822	Oct.	23.	18	37	50	271	40	17	92	44	42	52	39	10	1,1
534	137	1823	Dec.	9.	10	48	50	274	34	30	303	3	0	76	11	57	0,2
535	138	1824	Juli	11.	12	28	1	260	16	32	234	19	9	54	34	19	0,5
536	139	1824	Sept.	29.	1	45	2	4	32	6	279	16	44	54	35	32	1,0
537	140	1825	Mai	30.	13	16	0	273	55	1	20	6	8	56	41	6	0,8
538	141	1825	Aug.	18.	8	48	11	9	47	54	193	4	52	88	29	39	0,8
539	(96)	1825	Sept.	16.	6	42	39	157	14	31	334	27	30	13	21	24	0,3
540	142	1825	Dec.	10.	16	31	14	318	46	41	215	43	14	33	32	39	1,2
541	(84)	1826	März	18.	10	2	54	109	45	50	251	28	12	13	33	51	0,9
542	143	1826	April	21.	22	11	17	116	59	28	197	36	34	40	0	26	2,0
543	144	1826	„	29.	1	5	34	35	48	13	40	29	13	5	17	2	0,1
544	145	1826	Oct.	8.	23	0	35	57	48	24	44	6	28	25	57	18	0,8
545	146	1826	Nov.	18.	9	57	16	315	29	39	235	6	11	89	22	9	0,0
546	147	1827	Febr.	4.	22	16	25	33	30	16	184	27	49	77	35	35	0,5
547	148	1827	Juni	7.	20	20	36	297	31	42	318	10	28	43	38	45	0,8
548	149	1827	Sept.	11.	16	47	5	250	57	12	149	39	11	54	4	42	0,1
549	(96)	1829	Jan.	9.	18	3	23	157	17	53	334	29	32	13	20	34	0,3
550	150	1830	April	9.	6	52	51	212	11	38	206	21	36	21	16	27	0,9
551	151	1830	Dec.	27.	16	0	19	310	59	19	337	53	7	44	45	30	0,1
552	(96)	1832	Mai	3.	23	34	6	157	21	1	334	32	9	13	22	9	0,3
553	152	1832	Sept.	25.	12	40	24	227	55	36	72	26	42	43	18	3	1,1
554	(84)	1832	Nov.	26.	1	39	7	109	52	55	248	13	33	13	10	25	0,8
555	153	1833	Sept.	10.	4	57	59	222	56	46	223	9	23	7	19	39	0,4
556	154	1834	April	2.	16	4	32	276	33	49	226	48	52	5	56	52	0,5
557	155	1835	März	27.	13	59	32	207	42	55	58	19	46	9	7	39	2,0

Digitized by Google

n Kometen.

Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
0,75519	5,618	D	Pons	Encke	
0,68675	4,810	D	Blanpain	„	
		R	Nicollet	Rosenberger	
		R	Gambart	Nicollet	
0,84446	3,318	D		Encke	
		R	Pons	v. Heiligenstein	
0,99630	5449	R	„	Encke	
		R	Köhler	„	
		R	Rümker	Rümker	
		D	Scheithauer	Encke	
		R	Gambart	Clausen	
		D	Pons	Olbers	
0,84489	3,315	D		Encke	
0,99537	4386	R	Pons	Hansen	
0,74657	6,72	D	Biela	Santini	
		D	Pons	Nicolai	
		R	Flaugergues	Clüver	
		D	Pons	Argelander	
		R	„	Gambart	
		R	„	v. Heiligenstein	
		R	„	„	
0,99927	2611	R	„	Clüver	
0,84462	3,316	D		Encke	
		D	d'Abbadie	Carlini	
		R	Herapath	Wolfers	
0,84541	3,312	D		Encke	
		R	Gambart	E. Bouvard	
0,75138	6,652	D		Nicolai	
		D	Dunlop	Hartwig	
		D	Gambart	Petersen	
		R	Boguslawski	W. Bessel	

Digitized by Google

Tafel der ers

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit					Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Peri dist
558	(96)	1835	Aug.	26.	8^h	48^m	$53'$	157^0	$23'$	$29''$	334^0	$34'$	$59''$	13^0	$21'$	$15''$	0,34
559	(19)	1835	Nov.	15.	22	41	22	304	31	32	55	9	59	17	45	5	0,58
560	(96)	1838	Dec.	19.	0	26	59	157	27	4	334	36	41	13	21	28	0,34
561	156	1840	Jan.	4.	10	23	3	192	11	50	119	57	46	53	5	32	0,61
562	157	1840	März	12.	23	55	53	80	18	10	236	49	6	59	13	20	1,22
563	158	1840	April	2.	12	2	48	324	12	27	186	2	45	79	51	52	0,74
564	159	1840	Nov.	13.	15	37	16	22	31	40	248	56	22	57	57	23	1,48
565	(96)	1842	April	12.	0	35	30	157	29	27	334	39	10	13	20	26	0,34
566	160	1842	Dec.	15.	23	7	32	327	17	32	207	49	39	73	34	4	0,56
567	161	1843	Febr.	27.	10	0	30	278	40	17	1	14	55	35	40	39	0,00
568	162	1843	Mai	6.	0	42	54	281	27	48	157	14	51	52	44	1	1.61
569	163	1843	Oct.	7.	3	42	16	49	34	19	209	29	19	11	22	31	1,69
570	164	1844	Sept.	2.	11	37	30	342	30	48	63	49	38	2	54	46	1,18
571	165	1844	Oct.	17.	8	24	36	180	24	3	31	39	6	48	36	1	0,85
572	166	1844	Dec.	13.	16	21	2	296	2	18	118	19	22	45	38	47	0,25
573	167	1845	Jan.	8.	4	7	40	91	20	22	336	44	13	46	50	39	0,90
574	168	1845	April	21.	0	53	58	192	33	19	347	6	45	56	23	36	1,25
575	169	1845	Juni	5.	16	19	5	262	2	56	337	48	56	48	41	59	0,40
576	(96)	1845	Aug.	9.	15	11	11	157	44	21	334	19	33	13	7	34	0,33
577	170	1846	Jan.	22.	2	24	32	89	6	22	111	8	26	47	26	6	1,48
578	(84)a	1846	Febr.	10.	23	59	31	109	2	53	245	54	15	12	34	53	0,83
579	(84)b	1846	„	11.	1	59	0	109	2	54	245	54	17	12	34	55	0,83
580	171	1846	„	25.	9	8	1	116	28	15	102	40	58	30	55	53	0,63
581	172	1846	März	5.	13	18	7	90	27	19	77	33	26	85	6	12	0,66
582	173	1846	Mai	27.	21	39	22	82	33	52	161	18	40	57	36	11	1,37
583	174	1846	Juni	1.	2	40	11	239	49	51	260	12	25	31	2	14	1,58
584	175	1846	„	5.	11	39	26	162	5	40	261	52	51	29	18	47	0,63
585	176	1846	Oct.	29.	22	9	18	98	47	15	4	38	18	49	39	3	0,82
586	177	1847	März	30.	6	58	50	267	2	22	21	42	52	48	38	50	0,04
587	178	1847	Jun	4.	16	43	33	141	37	10	173	57	40	79	33	42	2,11
588	179	1847	Aug.	9	10	46	13	246	41	34	338	17	31	83	27	1	1,76

Digitized by Google

nen Kometen.

ung.)

Halbe grosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
2,223	0,84504	3,314	D		Encke	
17,99	0,93739	76,29	R		Westphal	
2,222	0,84518	3,313	D		Encke	
	1,00021		D	Galle	Peters u. Struve	
577,11	0,99788	13864	R	„	Plantamour	
			D	„	Rümker	
9,121	0,96985	344	D	Bremiker	Götze	
2,223	0,84479	3,311	D		Encke	
			R	Laugier	Petersen	
65,71	0,909916	533	R		Hubbard	
			D	Mauvais	Götze	
3,812	0,55596	7,442	D	Faye	Leverrier	
3,100	0,61737	5,459	D	de Vico	Brünnow	
			R	Mauvais	Plantamour	
	1,00 35		D		Bond	
			D	d'Arrest	Hind	
			D	de Vico	Faye	
39,66	0,98987	249,8	R	Colla	d'Arrest	
2,216	0,84744	3,300	D		Encke	
24,90	0,99240	2721	D	de Vico	Jelineck	
3,520	0,75666	6,603	D		Hubbard	
3,519	0,75661	6,601	D		„	
3,146	0,79339	5,581	D	Brorsen	Brünnow	
17,58	0,96225	73,7	D	de Vico	Peirce	
			R	„	Vogel	
6321	0,75672	15,89	D	C. H. F. Peters	d'Arrest	
32,99	0,98994	500	R	Brorsen	Oudemans	
123	0,99331	1390	D	de Vico	Quirling	
489	0,99991	10818	D	Hind	Hornstein	
			R	Colla	Gautier	
			R	Mauvais	Littrow	

Digitized by Google

Tafel der ersch

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perihe distan
589	180	1847	Aug.	9.	8h	26m	14′	21°	17′	30″	76°	43′	22″	32°	38′	47″	1,4847
590	181	1847	Sept.	9.	13	10	52	79	12	6	309	48	49	19	8	25	0,4878
591	182	1847	Nov.	14.	9	45	59	274	12	57	190	49	53	71	50	56	0,3790
592	183	1848	Sept.	8.	1	14	37	310	34	39	211	32	29	84	24	50	0,3199
593	(96)	1848	Nov.	26.	2	55	56	157	47	8	331	22	12	13	8	36	0,3370
594	184	1849	Jan.	19.	8	30	12	63	14	15	215	12	54	85	2	54	0,9597
595	185	1849	Mai	26.	12	10	43	235	43	35	202	32	56	67	9	24	1,1593
596	186	1849	Juni	8.	5	2	36	267	6	8	30	32	0	66	55	19	0,8943
597	187	1850	Juli	23.	12	49	37	272	25	5	92	53	28	68	11	24	1,0811
598	188	1850	Oct.	19.	8	19	35	89	13	54	205	59	24	40	5	37	0,5654
599	(163)	1851	April	1.	19	29	25	49	41	25	209	31	7	11	21	39	1,6990
600	189	1851	Juli	8.	16	24	51	322	54	42	148	23	37	13	55	8	1,1733
601	190	1851	Aug.	26.	5	47	13	310	48	49	223	40	33	38	9	2	0,9843
602	191	1851	Sept.	30.	19	21	15	338	45	18	44	25	37	73	59	44	0,1413
603	(96)	1852	März	14.	17	22	9	157	51	2	334	23	21	13	7	54	0,3374
604	192	1852	April	20.	15	24	27	278	42	18	317	29	30	49	11	8	0,9128
605	(84) a	1852	Sept.	23.	17	36	47	109	8	17	245	51	26	12	33	16	0,8600
606	(84) b	1852	„	23.	1	30	57	109	8	16	245	51	28	12	33	19	0,8600
607	193	1852	Oct.	12.	18	10	25	43	13	42	346	10	0	40	55	0	1,2499
608	194	1853	Febr.	21.	0	16	4	153	43	20	69	34	4	20	15	8	1,0921
609	195	1853	Mai	9.	19	58	41	201	44	37	40	57	37	57	49	3	0,9080
610	196	1853	Sept.	1.	17	51	14	310	56	59	140	31	12	61	31	0	0,3068
611	197	1853	Oct.	16.	14	41	5	302	14	53	220	5	52	60	59	44	0,1720
612	198	1854	Jan.	3.	22	35	57	56	6	35	227	2	48	66	6	47	2,0440
613	199	1854	März	24.	0	30	2	213	49	14	315	27	27	82	32	43	0,2770
614	200	1854	Juni	22.	0	5	8	273	5	23	347	39	43	71	18	59	0,6481
615	201	1854	Oct.	27.	12	22	25	94	24	18	324	28	31	40	54	38	0,7967
616	202	1854	Dec.	15.	17	20	48	165	9	25	238	7	51	14	8	50	1,3573
617	203	1855	Febr.	5.	1	17	32	226	37	34	189	43	33	51	24	19	2,1933
618	204	1855	Mai	30.	3	41	42	237	42	25	260	18	53	23	6	50	0,5667
619	(96)	1855	Juli	1.	4	49	0	157	53	12	334	26	24	13	8	9	0,3371

Digitized by Google

enen Kometen.

rung.)

Halbe grosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Schweizer	Schweizer	
17.779	0,97256	74,79	D	Brorsen	d'Arrest	
	1,00013		R	Ms. Mitchell	Rümker	
			R	Petersen	Sonntag	
2,215	0,84783	3.296	D		Encke	
			D	Petersen	Petersen	
412	0,99783	8375	D	Goujon	Weyer	
940	0,99885	28800	D	Schweizer	d'Arrest	
			D	Petersen	Carrington	
			D	Bond	Vogel	
3,819	0,55492	7,462	D		Leverrier	
3.444	0,65927	6,390	D	d'Arrest	Villarceau	
313	0,99686	5550	D	Brorsen	Brorsen	
			D	„	Götze	
2,215	0,84766	3,297	D		Encke	
	1,05250		D	Chacornac	Hartwig	
3,526	0,75592	6,621	D		Hubbard	
3,525	0,75587	6.619	D		„	
15,44	0,91903	60,7	D	Westphal	Westphal	
			R	Secchi	Hornstein	
5,1	0,98932	785	R	Schweizer	Rümker	
	1,00026		D	Klinkerfues	Krahl	
	1,00123		R	Bruhns	d'Arrest	
			R	v. Arsdale	Rzepecki	
			R		Mathieu	
			R	Klinkerfues	Winnecke	
19,6	0,99332	1309	D	„	Lesser	
19,8	0,98640	997	D	Winnecke	Adam	
63	0,96519	500	R	Schweizer	Tiele	
			R	Donati	Schulze	
2,215	0,84779	3,295	D		Encke	

Digitized by Google

Tafel der ersch

(I

	Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit				Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Perihel-distanz
620	205	1855	Nov.	25.	9h 34m 46s	86°	1′	57″	51°	33′	38″	10°	11′	11″	1,23099
621	206	1857	März	21.	9 0 49	74	44	2	313	9	19	87	56	1	0,77249
622	(171)	1857	„	29.	6 3 7	115	44	10	101	44	22	29	48	16	0,62040
623	207	1857	Juli	17.	23 42 31	249	36	1	23	41	28	58	57	1	0,36748
624	208	1857	Aug.	24.	0 4 19	21	46	51	200	49	16	32	46	24	0,74684
625	209	1857	Sept.	30.	21 16 26	250	7	38	14	57	48	56	3	21	0,56290
626	210	1857	Nov.	19.	1 52 0	44	13	16	139	18	42	37	48	55	1,00900
627	(189)	1857	„	28.	4 39 19	323	4	52	148	28	46	13	56	1	1,16999
628	(102)	1858	Febr.	23.	12 43 41	115	51	35	269	3	13	54	24	10	1,02550
629	(131)	1858	Mai	2.	0 57 52	275	40	21	113	34	5	10	48	12	0,76894
630	211	1858	„	2.	7 51 58	195	58	44	170	42	56	22	59	49	1,20969
631	212	1858	Juni	5.	7 15 0	226	6	5	324	58	8	80	2	42	0,55426
632	(163)	1858	Sept.	12.	20 54 53	49	50	8	209	39	49	11	22	10	1,69420
633	213	1858	„	29.	23 19 13	36	12	38	165	19	22	63	1	47	0,57849
634	214	1858	Oct.	12.	20 9 25	4	12	25	159	46	27	21	17	5	1,42669
635	(96)	1858	„	18.	8 50 58	157	57	30	334	28	34	13	4	15	0,34072
636	215	1859	Mai	29.	5 34 59	75	20	31	357	20	44	84	31	44	0,20103
637	216a	1860	Febr.	16.	15 9 14	173	49	49	324	3	40	79	39	57	1,19890
638	216b	1860	„	16.	16 13 45	173	45	9	324	3	19	79	36	12	1,19820
639	217	1860	März	5.	13 43 42	50	5	10	8	52	32	48	13	6	1,30666
640	218	1860	Juni	16.	1 37 12	161	32	28	84	40	32	79	19	25	0,29289
641	219	1860	Sept.	28.	6 58 26	111	59	0	104	14	0	28	14	0	0,95400
642	220	1861	Juni	3.	9 30 50	243	22	1	29	55	42	79	45	31	0,92070
643	221	1861	„	11.	12 16 44	249	4	4	278	57	59	85	26	25	0,82236
644	222	1861	Dec.	7.	4 16 45	173	31	22	145	6	29	41	58	32	0,83901
645	(96)	1862	Febr.	6.	3 50 22	158	0	50	334	30	50	13	5	0	0,33990
646	223	1862	Juni	22.	0 53 20	299	20	27	326	32	54	7	54	26	0,98134
647	224	1862	Aug.	22.	22 2 52	344	41	26	137	26	53	66	25	33	0,96264
648	225	1862	Dec.	28.	5 4 18	125	11	31	355	46	2	42	28	37	0,80324
649	226	1863	Febr.	3.	11 55 14	191	22	41	116	55	33	85	21	56	0,79176
650	227	1863	April	4.	22 4 17	247	15	16	251	15	59	67	22	5	1,06820

Digitized by Google

n Kometen.

	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			R	Bruhns	Schulze	
			D	d'Arres	Löwy	
30	0,80175	5,538	D	Bruhns	Bruhns	
7	0,99900	7040	R	Klinkerfues	Villarceau	
	0,98037	235	D	Peters	Möller	
2	0,99691	2463	R	Klinkerfues	Linsser	
5	0,99699	6143	R	Donati	Anwers	
0	0,65987	6,380	D		Villarceau	
6	0,82090	13,70	D	Tuttle	Bruhns	
9	0,75502	5,56	D	Winnecke	Seeling	
			D	Tuttle	Watson	
				Bruhns	Anwers	
3	0,55565	7,445	D		Möller	
	0,99620	1880	R	Donati	Asten	
0	0,99568	6000	R	Tuttle	Weiss	
8	0,84639	3,304	D		Encke	
			R	Tempel	Herzsprung	
			D	Liais	Pechüle	
			D	„	„	
			D	Rümker	Gylden	
			D		Anwers	
			R	Tempel	Valz	
	0,98346	415	D	Thatcher	Oppolzer	
	0,98533	420	D	Tebbut	Seeling	
			R	Tuttle	Safford	
7	0,84671	3,302	D		Encke	
			R	Schmidt	Seeling	
	0,96127	124	R	Swift	Oppolzer	
			R	Respighi	Krahl	
			D	Bruhns	Engelmann	
			R	Klinkerfues	Oppolzer	

Digitized by Google

Tafel der ers

Nro. der Bahn	Durchgang durch das Perihel mittlerer Pariser Zeit						Länge des Perihels			Länge des aufsteigenden Knotens			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik			Peril dist
651	228	1863	April	20.	20h	48m	43s	305°	47′	24″	250°	10′	39″	85°	29′	29″	0,62
652	229	1863	Nov.	9.	11	50	6	94	43	16	97	29	26	78	5	2	0,70
653	230	1863	Dec.	27.	19	11	53	60	24	26	304	43	23	64	28	44	0,77
654	231	1863	„	29.	4	6	34	183	8	13	105	2	21	83	19	21	1,34
655	232	1864	Juli	27.	17	59	50	185	31	54	174	51	6	45	1	19	0,66
656	233	1864	Aug.	15.	14	40	33	304	17	2	95	14	27	1	52	10	0,90
657	234	1864	Oct.	11.	7	55	27	159	30	2	31	43	27	70	13	36	0,93
658	235	1864	Dec.	22.	11	16	52	321	42	31	203	13	12	48	52	20	0,77
659	236	1864	„	27.	17	39	2	162	22	55	350	53	53	17	7	14	1,11
660	237	1865	Jan.	14.	8	20	44	141	15	37	253	3	16	87	32	20	0,0
661	(96)	1865	Mai	27.	22	18	48	158	5	3	334	34	21	13	3	58	0,34
662	238	1866	Jan.	13.	5	14	46	60	25	11	231	27	9	17	18	19	0,97
663	(163)	1866	Febr.	14.	0	39	4	49	57	45	209	42	43	11	22	7	1,68
664	239	1867	Jan.	19.	17	2	24	74	32	26	77	22	59	18	33	39	1,61
665	240	1867	Mai	26.	0	2	45	236	12	39	101	9	9	6	24	22	1,56
666	241	1867	Nov.	7.	0	29	26	213	0	39	64	45	7	6	14	37	0,33
667	(171)	1868	April	17.	9	48	22	116	0	23	101	12	25	29	22	39	0,50
668	242	1868	Juni	26.	4	54	15	286	20	46	52	48	15	48	18	27	0,58
669	(96)	1868	Sept.	14.	16	22	29	158	10	56	334	31	39	13	6	52	0,33
670	(131)	1869	Juni	29.	23	32	31	275	55	24	113	33	4	10	48	17	0,78
671	243	1869	Oct.	10.	0	36	41	139	52	34	311	31	20	68	17	8	1,29
672	244	1869	Nov.	20.	20	30	8	41	17	12	292	40	29	6	55	0	1,10
673	245	1870	Juli	13.	22	36	20	303	26	26	141	32	13	58	4	53	1,00

Digitized by Google

enen Kometen.

zung.)

Halbe grosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren	Richtung der Bewegung	Entdecker	Berechner	Bemerkungen
			D	Respighi	Frischauf	
			D	Tempel	Oppolzer	
			D	Respighi	Valentiner	
	1,0009055		D	Baecker	Julius	
			R	Donati	Valentiner	
82,58	0,996777	4754	R	Tempel	Kowalcyk	
			R	Donati	Engelmann	
			D	Baecker	Tietjen	
			R	Bruhns	Engelmann	
			R		Tebbut	
2,218	0,84633	3,304	D		v. Asten, Becker	
10,0608	0,90295	31,91	R	Tempel	Pechüle	
3,8018	0,55755	7,413	D		Axel Möller	
			D	Stephan	Oppolzer	
3,1834	0,50908	5,680	D	Tempel	Bruhns	
			R	Baecker	Winnecke	
3,110	0,80809	5,484	D	Tempel	Bruhns	
			R	Winnecke	Tietjen	
2,214	0,84916	3,294	D	„	v. Asten, Becker	
3,150	0,75002	5,591	D	„	Oppolzer	
			R	Tempel	Grünert	
			D	„	Bruhns	
			R	Winnecke	Oppenheim	

Digitized by Google

zwischen den Perihelien aller Kometen nur noch einmal, zwischen Komet III 1849 und Komet I 1850 ein Zeitraum von $13\frac{1}{2}$ Monaten war. Merkwürdigerweise fallen die grössten Lücken zusammen mit den Zeiten der Sonnenfleckenminima.“ —

Die Helligkeit der Kometen-Individuen ist eine sehr verschiedene; manche sind zu gewissen Zeiten am Tage selbst in der Nähe der leuchtenden Sonnenscheibe mit blossem Auge wahrgenommen worden, sehr viele hingegen bleiben selbst im Maximum ihres Glanzes nur für lichtvolle Fernrohre sichtbar.

Der im August 363 in Europa und China gesehene Komet wurde nach dem Zeugnisse des Ammianus Marcellinus am hellen Tage gesehen.

Ein im Jahre 1106 erschienener grosser Komet soll verschiedenen Chronikschreibern zufolge am 4. Februar in der unmittelbaren Umgebung der Sonne sichtbar gewesen sein.

Der erste Komet von 1402 entwickelte gegen Ende März einen solchen Glanz, dass sein Schweif selbst um Mittag in bedeutender Längenerstreckung zu erkennen war.

Tycho bemerkte am 13. November 1577 vor Sonnenuntergang einen Kometen, der mit abnehmendem Glanze zehn Wochen lang sichtbar blieb.

Der von Klingenberg am 19. December 1743 aufgefundene Komet wurde am 1. März des folgenden Jahres von verschiedenen Personen um 1 Uhr Mittags mit blossem Auge erkannt.

Den grossen Kometen von 1843 sah man am 28. Februar jenes Jahres bei hellem Sonnenschein in Parma und Bologna, zu einer Zeit, als er nach Amici's Messung nur $1^{0}23'$ östlich vom Centrum der Sonne stand.

Ausser diesen bei Tage mit freien Augen wahrgenommenen Kometen sind im gegenwärtigen Jahrhunderte mehrere andere im Fernrohre nahe bei der Sonne gesehen worden, so z. B. der von Hind entdeckte Komet von 1847 am 30. März Mittags. Der Klinkerfues'sche Komet 1853, wurde von Schmidt in Olmütz zwischen dem 30. August und 4. September täglich in der Nähe der Sonne gesehen, ebenso der Donatische Komet am 4. October 1858.

Die scheinbare Helligkeit eines Kometen hängt unter übrigens gleichen Verhältnissen zugleich von seinem Abstande von der Sonne und der Erde ab, sie lässt sich also, sobald die Elemente der Bahn bekannt sind, für jede beliebige Zeit berechnen. Um die Resultate solcher Rechnungen zu prüfen, hat man sich an den Gesammteindruck des Kometenkopfes, wie er dem blossem Auge sich darstellt, zu halten.

Erst die neueste Zeit hat Mittel an die Hand gegeben, exacte Helligkeitsmessungen der Gestirne auszuführen, doch haben schon vor diesem gewöhnliche Schätzungen ergeben, dass manche (vermuthlich sogar alle) Kometen in Bezug auf ihre Helligkeit zu bestimmten Zeiten, den theoretischen Berechnungen sich nicht fügen. Bei dem Kometen III 1860 bemerkte Schmidt in Athen eine periodische Aenderung der Helligkeit; es fielen Maxima auf den 27. Juni, den 6., 12. und 23. Juli.

Digitized by Google

Der grosse Juli-Komet 1861 wurde von mir photometrisch mit δ und *i Bootis* verglichen. Es ergaben sich folgende Resultate:

1861 Juli	22.	10^h	15^m	δ *Bootis*	= 1,00	Komet	= 1,39 ± 0,04
	26.	9	30	„	„	„	= 1,09 ± 0,00
	28.	9	30	„	„	„	= 0,80 ± 0,05
	29.	10		„	„	„	= 0,68 ± 0,06
	30.	9		„	„	„	= 0,88 ± 0,05
Aug.	3.	9	16	„	„	„	= 0,50 ± 0,05
	6.	9	15	„	„	„	= 0,38 ± 0,02
	7.	9	5	„	„	„	= 0,41 ± 0,03
	10.	9	12	„	„	„	= 0,28 ± 0,03
	10.	9	17	„	„	„	= 0,93 ± 0,02
	13.	9		„	„	„	= 1,56 ± 0,09

Diese Beobachtungen ergeben unverkennbare Helligkeitsveränderungen, die sich theoretisch aus den Bahnelementen nicht erklären.

Bezüglich des Kometen II 1862 kam Schmidt zu dem Resultate einer 2,5tägigen Periode des Lichtwechsels. Das Maximum der Helligkeit traf diesem Beobachter zufolge ein am 24. August. Ich habe, durch ungünstige Witterung behindert, diesen Kometen nur an sechs Tagen beobachten können und fand die nachfolgenden Werthe für seine zeitweise Helligkeit.

1862 Aug.	17.	9^h	45^m	*A urs. min.*	= 1,00	Komet	= 2,71 ± 0,10
	19.	9	20	„	„	„	= 3,74 ± 0,17
	20.	9	30	„	„	„	= 6,00 ± 0,40
	21.	8	20	„	„	„	= 7,67 ± 0,90
	24.	8	20	„	„	„	= 9,17 ± 0,40
	25.	8	10	„	„	„	= 8,73 ± 0,30

Am 19. erschien mir der Komet $2^1/_2$ Stufen schwächer als γ *ursae. min.* am folgenden Tage $= \gamma$, am 21. übertraf seine Helligkeit jene von γ um $1^1/_2$ Stufen, am 25. blieb dies wegen des bald sich bewölkenden Himmels zweifelhaft. Obgleich die Ungunst der Witterung photometrische Messungen mannichfach behinderte, so ergibt sich aus vorstehenden Beobachtungen dennoch in Uebereinstimmung mit Schmidt, dass das Maximum der Helligkeit am 24. eintrat, sechs bis sieben Tage früher, als es der Rechnung nach hätte eintreten sollen und etwa $1^1/_2$ Tage nach dem Durchgang durch die Sonnennähe.

Die Frage nach den Ursachen dieser Abweichungen von der theoretisch berechneten Helligkeit, bleibt bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft schwierig zu beantworten. Nach Arago's Versuchen, die seitdem vielfach sind wiederholt worden, besitzen die Kometen polarisirtes Licht; dass sie nur in diesem leuchten, folgt weder aus der Theorie der chromatischen Polarisation noch ist es von dem französischen Physiker, dem wir die Entdeckung und erste Anwendung derselben verdanken, je-

Digitized by Google

mals behauptet worden. Dennoch wird es seine Schwierigkeiten haben, die eben angeführten unregelmässigen Helligkeitsänderungen einer eignen Lichtentwickelung des Kometen zuzuschreiben, so lange man nicht den Einfluss der wirklich stattfindenden physischen Veränderungen in dem Kometenkopfe auf die Reflexion des Sonnenlichtes, also auf die scheinbare Helligkeit kennt. Nichtsdestoweniger darf man daran erinnern, dass Veränderungen in der physischen Constitution der Kometenköpfe, unseren Kenntnissen zufolge, nicht wohl ohne Licht- und Wärme-Entbindungen gedacht werden können, und die Aufschlüsse, welche uns in dieser Hinsicht die bewundernswürdige Spectralanalyse verschafft hat, stimmen damit vollkommen überein. Huggins hat den Kometen I 1866 einer genauen Untersuchung unterworfen. Er fand (am 9. Januar), dass das Licht des Kernes verschieden von jenem der umgebenden Nebelhülle war. Der Kern befand sich im Zustande eines glühenden, selbstleuchtenden Gases, aber das Licht der Nebelhülle kann nicht wohl auf dasjenige des Kernes zurückgeführt werden. Der Schweif des Kometen leuchtete nur in reflectirtem Lichte und es blieb noch unentschieden, ob ihn hauptsächlich das Licht des Kernes erleuchtete oder vorzugsweise das Sonnenlicht. Am genauesten unter allen ist in spectralanalytischer Hinsicht der Komet II 1860 untersucht worden. Am 21. Juni, als das Gestirn von der sechsten Grösse erschien, bot sein Spectrum, bei der Untersuchung auf der Sternwarte zu Rom, den Anblick von drei lebhaften Banden dar. Die Bande im Grün fiel nahe mit der Magnesiumlinie (*b*) zusammen; als aber die Ergebnisse der Messungen mit den Angström'schen Spectren verglichen wurden, fand man das Spectrum des Kohlenstoffs (CH) so nahe mit den drei Banden zusammenfallend, dass Secchi zu der Ansicht neigt, diese Substanz sei es, welche in dem Kometen glänzte. Mit dem Polariskop untersucht zeigte die Nebelhülle Polarisation, der Kern nicht. Der periodische Brorsen'sche Komet, der um dieselbe Zeit zurückkehrte, besitzt ein analoges Spectrum wie das eben beschriebene, doch ist es keineswegs als mit diesem identisch zu betrachten.

Huggins fand das Spectrum des Kometen II 1868 ebenfalls in drei leuchtende Streifen zerfallend, und constatirte die Identität mit dem Kohlenstoffspectrum, wenn man den Inductionsfunken durch einen Strom ölbildenden Gases überspringen lässt. Unter diesen Verhältnissen wird nämlich, wie Huggins gefunden, das typische Spectrum des Kohlenstoffs etwas modificirt. Die Identität der Spectra führt zur Uebereinstimmung der Substanzen, obgleich Huggins nicht die grosse Schwierigkeit verkennt, welche in der grossen Feuerbeständigkeit der Kohle liegt. Manche Kometen haben sich, wie die Rechnung zeigt, allerdings der Sonne genugsam genähert, um eine Temperatur zu erlangen, welche hinreichte, selbst die Kohle in Dampf zu verwandeln, bei den meisten übrigen ist dies aber nicht der Fall. Indessen kennen wir nicht die Bedingungen unter welchen ein bei den irdischen Temperaturen permanentes Gas eine hinreichend hohe Temperatur behalten kann, um Licht auszusenden. Die Ko-

Digitized by Google

metenschweife können den Beobachtungen zufolge weder compacte, feste, noch tropfbar flüssige, noch gasförmige Massen sein; letzteres wird hauptsächlich durch Bessel's feine Messungen ausgeschlossen. Man kann die Schweife vielleicht nur aus staubartig feinen, von einander getrennten Theilchen (Schmelz- und Verbrennungsproducten?) bestehend denken. Aber die Gesammtmasse der sie bildenden discreten Theile ist so gering, dass nach Laplace das ganze Gestirn nie $\frac{1}{5000}$, ja vielleicht selbst nicht $\frac{1}{10000}$ der Erdmasse besitzt.

Die gewöhnliche Erscheinung eines Kometen charakterisirt sich für das unbewaffnete Auge hauptsächlich durch die Nebelhülle oder den Kopf und den schwächer leuchtenden, mehr oder minder langen Schweif. Doch zeigt sich letzterer meist nur bei den helleren Kometen, während die teleskopischen durchgängig nur eine rundliche Nebelhülle fast ohne jede Spur von Schweif besitzen. Die Kometenschweife, Besen von den Chinesen genannt, liegen, wie zuerst Apian 1540 bemerkte, durchgängig in dem über den Kometenkopf hinaus verlängerten Radiusvector.

Dieselbe Bemerkung machte der als Arzt wie als Dichter gleich geschätzte Professer der Philosophie zu Padua, Hieronymus Fracastor, und Biot hat sie, wenngleich unbestimmter, in dem fast zwei und ein halbes Jahrtausend ältern Werke Ma-duan-lin's gefunden, welches den Namen Wen-chiang-tung-Kao führt. Doch gilt dieses Gesetz nur im allgemeinen zur Bezeichnung der Lage; einestheils, weil mitunter, besonders bei den mehrfach geschweiften Haarsternen, bedeutende Abweichungen von der gewöhnlichen Regel vorkommen; dann aber auch, weil die Schweife nie eine genau gerade Linie bilden, sondern vielmehr nach einer der Bewegung entgegengesetzten Richtung mehr oder weniger zurückgekrümmt erscheinen. Solche Zurückkrümmung des Schweifes in der Bahnebene, gleich als wenn er beim Vorwärtsgehen des Kometen Widerstand fände, hat Bessel aus den Beobachtungen des Luzerner Jesuiten Joh. Bapt. Cysat an dem Kometen von 1618 nachgewiesen. Der Schweif des berühmten Kometen von 1769 besass eine unverkennbare Krümmung in der Mitte, und Pingré nebst la Nux glaubten eine ähnliche auch am äusseren Ende desselben zu bemerken, wodurch das Ganze ein S-förmiges Ansehen erhielt und auf die Vorstellung einer durch Luftströmungen mehrfach gebogenen Flamme leitete.

Genauere Untersuchungen über die Frage, ob die Axen der Schweife in der Ebene der Kometenbahnen liegen, hat Winnecke bezüglich mehrerer neueren Kometen angestellt. Bei dem ersten Galle'schen Kometen ging die Erde am 20. Januar durch die Ebene seiner Bahn. Die Messungen der Richtung des Schweifes harmoniren in der That mit der Annahme, dass letzteres in der Bahnebene lag. Das Gleiche gilt von dem grossen Kometen von 1843 und dem Hauptschweife des auf der Südhalbkugel so prachtvoll erschienenen Kometen von 1844 bis 1845. Bei dem dritten Kometen 1853 zeigen die Beobachtungen von Oudemans in Leyden und Peters in Königsberg, dass die Axe des Schweifes höch-

Digitized by Google

stens nur eine sehr geringe Neigung gegen die Bahnebene des Kometen haben konnte. Der Komet VI 1857 ist zwar nicht während des Durchgangs der Erde durch seine Bahnebene beobachtet worden, da indess die Richtung seines Schweifes so gut wie genau mit der Verlängerung seines Radiusvectors zusammenfiel, so sieht ihn Winnecke mit Recht ebenfalls als Beweis für die Bejahung der obigen Frage an. Die Untersuchung der Schweifrichtung des grossen Kometen von 1858 ergab gleichfalls nur höchstens eine kleine Ausweichung der Axe aus der Bahnebene, und Winnecke schliesst aus allen beobachteten Fällen, dass die Axe der Kometenschweife nahezu in der Bahnebene liegt, aber in manchen Fällen einen kleinen Winkel damit bildet, der sich bei günstiger Gelegenheit der Bestimmung durch Beobachtung nicht entziehen wird, nachdem man einmal darauf aufmerksam geworden. (Mémoires de l'Academie impér. des sc. de St. Petersbourg VII. Serie tome VI. Nro. 1.)

Die Kometenschweife erscheinen meist gegen die Ränder hin beträchtlich heller als in der Mitte, gleichsam wie wenn sie hohle Kegel oder Cylinder seien. Seltener erblickt man sie in der Längenrichtung gefurcht (so bei dem Kometen von 1769 nach Messier am 4 Sept.), indem den Rändern parallele Lichtstreifen den Schweif in hellere und dunklere Parthieen sondern. Bei dem grossen Kometen 1861 sah ich am 5. Juli, dass die Mitte des Schweifes statt dunkler ganz entschieden heller war als die Ränder. Am 8. Juli lag die grösste Helligkeit westlich von der Axe des Schweifes und besonders in der Nähe des Kometenkopfes trat der hellere Strich bedeutend hervor. Am folgenden Abende war von einer abgegrenzten lichten Linie Nichts zu sehen, wenngleich auch heute noch die Mitte des Schweifes heller als die Ränder erschien. Gleiches beobachtete ich am 11. und 12. Juli, dagegen bemerkte ich vom 17. ab, dass die Ränder des fächerförmigen Schweifes entschieden heller als die Mitte blieben. Beide Schweifränder unterscheiden sich bei vielen (und wahrscheinlich allen) Kometen übrigens dadurch von einander, dass derjenige, der nach der Bewegungsrichtung der Kometen hinliegt, weit schärfer begrenzt erscheint, als der entgegengesetzte.

Die wahre Ausdehnung der Kometenschweife, sehr verschieden von der scheinbaren, welche durch die Lage gegen die Erde und ihre Entfernung von derselben bestimmt wird, ist im Einzelnen ungemein verschieden. Die nachstehende Tafel enthält die grössten bisher gemessenen Schweiflängen.

Bezeichnung des Kometen	Schweiflänge	Zeit, auf welche sich die Angabe bezieht
Komet von 1843	30,000000 Meilen	28. März
„ „ 1664	26,000000 „	26. December
„ „ 1618	9,750000 „	9. Januar
„ „ 1577	9,500000 „	30. December

Digitized by Google

Die Veränderungen, welche die Kometenschweife für unseren Anblick darbieten, können ihren Grund sowohl in wirklichen Veränderungen haben, als auch darin, dass die Schweife um ihre Axe rotiren und wir auf der Projectionsebene successive verschiedene Theile erblicken. Bei dem September-Kometen von 1811 bemerkte Herschel mehrere helle Streifen im Schweife, die periodisch unsichtbar wurden, und hielt dies für einen Beweis der Rotation des ganzen Kometen. Dunlop beobachtete zu Paramatta, dass der Schweif des December-Kometen 1825 aus fünf einzelnen Zweigen bestand, die sich kreuzten und ihre relative Lage gegen einander der Art wechselten, dass der Beobachter aus diesen Veränderungen auf eine Umdrehungsperiode von $19^h\ 37^m$ schliessen zu dürfen glaubte.

Der Komet II 1862 zeigte einen Schweif, der aus mehreren sich kreuzenden hellen Linien bestand. Die Zeichnungen von Schmidt in Athen ergeben, dass die Gestalt dieser Verschlingungen nicht immer dieselbe war, sondern in Perioden von etwa drei Tagen wiederkehrte.

Die wenigen Beobachtungen, welche bis jetzt vorliegen, lassen noch Zweifel an der Rotation der Kometenschweife zu, und man darf daher nicht mit Unrecht die Beachtung dieses Punktes allen Beobachtern dringend empfehlen.

Indem wir zur Betrachtung der mehrfach geschweiften Kometen übergehen, beginnen wir sofort mit der auffallendsten Erscheinung dieser Art. Der Komet von 1744 zeigte in der Nacht vom 7. zum 8. März nicht weniger als 6, durchschnittlich 4 Grad breite, 30 bis 45 Grad lange Schweife. Sie nahmen auf der von der Sonne abgewandten Seite des Kopfes, an der Basis, einen Raum von etwa 60 Grad ein. Jeder der Schweife erschien durchaus vollständig, mit ziemlich scharfen, heller als die Mitte leuchtenden Rändern und war von den nebenan liegenden durch einen vollkommen nebelfreien Raum getrennt.

Der Januar-Komet 1824 besass zwei Schweife, die einen Winkel von 160 Grad miteinander bildeten. Am 23. Januar war der gewöhnliche Schweif 7 Grad lang, der andere 4 Grad, und seine grösste Helligkeit lag etwa 2 Grad vom Kerne entfernt, während er an der Basis kaum zu erkennen war. Die Länge des spitzig zulaufenden secundären Schweifes wechselte zwischen 3 und 7 Grad und gegen Ende Januar verschwand er gänzlich.

Bei dem Kometen von 1861 will man zeitweise einen zweiten Schweif erkannt haben, und der Komet IV 1864 besass nach Schmidt am 22. Januar ebenfalls einen aussergewöhnlichen Schweif, der mit dem Hauptschweife einen Winkel von 115 Grad umschloss.

Von unsicherern älteren Beobachtungen erwähne ich hier des Kometen von 1577, der am 28. November einen secundären Schweif gezeigt haben soll, sowie aus den Annalen der Chinesen des Haarsternes, der am Tage Ttscheu (8. April) 837 einen in zwei Theile getheilten 50 Grad langen Schweif besass, von dem ein Arm nach der Station Ti (in der Waage) und der andere nach der Station Tang (im Skorpion) gerichtet war. Am

Digitized by Google

Tage Pingyn (11. April) war der Schweif 60 Grad lang und ohne Gabelung.

Die Frage, ob die Schweife unter allen Umständen weiss erscheinen, oder nicht auch bisweilen eine schwache Färbung besitzen, ist noch unentschieden. Der Schweif des November-Kometen von 1618 soll deutlich roth gewesen sein, ebenso derjenige eines (übrigens unsichern und deshalb im obigen Verzeichnisse nicht enthaltenen) Kometen von 1526. Nach Schmidt war der Donatische Komet (1858) entschieden gelblich.

Da der relative Glanz eines leuchtenden Punktes in dem Maasse mehr hervortritt, als sich jener auf einer dunklern Fläche projicirt, so ist die häufig gemachte Beobachtung, dass Fixsterne, die scheinbar von den hellen Theilen eines Kometenschweifes bedeckt werden, beträchtlich an Licht verlieren, nicht auffallend. Dahingegen kann man den Wahrnehmungen von Piazzi und Reslhuber, dass Sterne beim Durchscheinen durch einen Kometennebel um eine oder zwei Grössenklassen heller erscheinen, schwerlich beipflichten. Ich überzeugte mich bei dem grossen Kometen von 1861 in der Nacht des 31. Juli, dass ein Stern vierter Grösse, der 5′ vom Kerne entfernt im Schweife stand, um mehr als eine halbe Grössenclasse schwächer wie gewöhnlich erschien. Am 5. Juli schienen mir die Sterne, über welche hinaus die entfernteren (lichtschwachen) Theile des Schweifes gingen, keine wahrnehmbare Schwächung ihrer Intensität zu erleiden, doch funkelten die meisten davon von Zeit zu Zeit ungemein lebhaft, während nahe dabei, aber ausserhalb des Schweifes stehende Fixsterne nicht flimmerten.

Der Kopf, die Nebelhülle mit dem Kerne, bildet den wichtigsten Theil des Kometen, wenigstens denjenigen, ohne welchen bisher noch kein Haarstern ist beobachtet worden.

Im Allgemeinen bestehen die Kometenköpfe aus einer parabolisch geformten Nebelmasse deren Grösse sehr veränderlich scheint. Schon Hevel glaubte aus seinen Beobachtungen den Schluss ziehen zu dürfen, dass der Durchmesser der genannten Nebelmasse sich mit wachsendem Abstande vom Sonnenkörper vergrössere, und Newton war der gleichen Meinung. Neuerdings hat Valz auf diese fast vergessenen Wahrnehmungen wieder hingewiesen und aus den Erscheinungen des Encke'schen Kometen nachzuweisen gesucht, dass sich das Volum desselben mit überraschender Genauigkeit in dem Maasse verminderte, als sich der Komet der Sonne näherte. Die folgende Tafel zeigt diese Aenderungen für gewisse Tage.

Digitized by Google

Encke's Komet.

Erscheinung 1828			Erscheinung 1838		
Tag	Abstand von der Sonne	Durchmesser des Kometen	Tag	Abstand von der Sonne	Durchmesser des Kometen
28. October	1,46	65000 Meilen	9. October	1,42	56000 Meilen
7. Novbr.	1,32	53000 „	25. „	1,19	24000 „
30. „	0,97	24000 „	6. Novbr.	1,00	16000 „
7. Decbr.	0,85	16000 „	16. „	0,83	12500 „
14. „	0,73	9000 „	24. „	0,69	6000 „
24. „	0,54	2500 „	17. Decbr.	0,34	600 „

Nach diesen Resultaten zu schliessen, ist allerdings eine Volumabnahme in der Sonnennähe unzweifelhaft; allein nichtsdestoweniger darf man über diesen Punkt noch Zweifel hegen. Denn der Encke'sche Komet erscheint gleich den meisten anderen als eine an den Rändern unbestimmt verlaufende Nebelmasse, und Mädler bemerkt mit Recht: „Wenn der Komet der Sonne beträchtlich näher steht als Venus und selbst noch näher als Merkur, so werden wir ihn nicht mehr in voller Nacht, sondern nur noch in ziemlich heller Dämmerung erblicken; in dieser aber werden viele Parthieen der Nebelmasse die am schwarzen Nachthimmel noch gut ins Auge fallen, erbleichen und uns unsichtbar werden."

Eine ausführliche Zusammenstellung sämmtlicher Bestimmungen des Durchmessers vom Encke'schen Kometen, hat kürzlich Schmidt geliefert. Werden die Messungen in 5 Gruppen zusammengefasst und nach Abständen von der Sonne geordnet, so ergibt sich:

Abstand v. d. Sonne in Erdbahnhalbmessern	Durchmesser d. Kometen
1,714	25000 Meilen
1,084	23000 „
0,916	16000 „
0,689	12000 „
0,535	9000 „

Es zeigt sich also auch hier eine Verringerung des Durchmessers mit der Annäherung an die Sonne, wenngleich allerdings in weit geringerem Grade als oben. Die Zukunft muss hier entscheiden.

Die Nebelhülle erscheint nie in allen Theilen gleichmässig hell, auch zeigt sie nicht jene Intensitätsverhältnisse, welche aus der Projection der einfachen parabolischen Gestalt gegen unsere Gesichtslinie entstehen; vielmehr erblickt man meist eine Anzahl durch dunkle Räume getrennter lichter Zonen, von im Einzelnen sehr wechselvoller Gestalt. Aus diesen concentrischen Ringen geht auf der der Sonne entgegengesetzten Seite

Digitized by Google

der Schweif hervor, bei manchen Kometen in einer Weise, die unwillkührlich zu der Vorstellung leitet, als werde die Nebelhülle von ihrem Mittelpunkte aus gegen die Sonne vorwärts gestossen, finde aber Widerstand und fliesse in parabolischer Linie zurück, ähnlich den herabfallenden Wassern eines Springbrunnens. Bessel erwähnte bezüglich des Halley'schen Kometen, dass er einer brennenden Rakete vergleichbar sei, deren Schweif durch Zugwind seitwärts gelenkt wird. Derselbe Komet hat den nämlichen grossen Beobachter zu überraschenden Thatsachen geleitet bezüglich der physikalischen Aenderungen, welche in den Kometenköpfen vor sich gehen. Am 2. October 1835 sah Bessel vom Kerne aus eine fächerförmige Ausströmung von Lichtmaterie hervorgehen, die eine lineare Ausdehnung von 600 Meilen besass. Am 8. October hatte sie ihre Lage gegen die Sonne merklich geändert und besonders in der Nacht des 12. October fand Bessel, dass der Lichtsector pendelartig in acht Stunden einen Bogen von 48 Grad durchlief. Leider wurden die weiteren Beobachtungen durch anhaltend ungünstige Witterung sehr beeinträchtigt; doch glaubte Bessel als Endresultat annehmen zu dürfen, dass der helle Sector in pendelartiger Schwingung begriffen sei und dass der ganze Ausschlagbogen etwa 120 Grad sowie die Dauer einer Oscillation 4 Tage 14^h betrage. Arago glaubte sich der Bessel'schen Erklärung nicht anschliessen zu können, einestheils weil er selbst am 21. October drei Sectore zugleich bemerkt hatte, eine Beobachtung, die Schwabe in Dessau am 22. und 23. ebenfalls machte, während Amici an dem letztern Tage sogar sechs solcher Sectore bemerkte; dann auch, weil an verschiedenen Tagen der Kopf des Kometen ein so durchaus verschiedenes Aussehen besass, dass es nicht unmöglich erschien, als sei nicht immer auf denselben Sector eingestellt worden.

Bessel hielt sich durch seine Untersuchungen zur Annahme einer eigenthümlichen Polarkraft berechtigt, jedenfalls ergab sich, dass die Anziehung der Sonne allein die Erscheinung nicht hervorbringen könne, wenigstens würde die oscillirende Bewegung selbst unter der Annahme eines ungewöhnlich elliptischen Kerns weit langsamer sein als die Beobachtungen ergaben. Die Untersuchungen seit Bessel's Tode haben bis jetzt noch keine genügenden Anhaltspunkte geboten, um ein endgültiges Urtheil über seine Hypothese zu gestatten.

Die in Rede stehenden Lichtausströmungen entspringen dem hellsten Punkte der Nebelmasse, dem sogenannten Kerne, der aber in den meisten Fällen in seinen äusseren Umrissen ebenso unbestimmt wie die Nebelhülle selbst erscheint und nur sehr selten ein scheibenförmiges Aussehen zeigt. In letzterm Falle ist der Kern nicht selten durch eine dunkle Zone von dem umgebenden Nebel getrennt. Herschel hat während seiner langen Laufbahn nur zwei Kometen mit planetarischem Kerne beobachtet: jenen, der 1807 in Sicilien entdeckt wurde und dessen Kern 134 Meilen Durchmesser besass; sowie den grossen Kometen von 1811, dessen Durchmesser 107 Meilen war. Der allerdings schlechter begrenzte Kern des Kometen

Digitized by Google

von 1798 (April) soll nur fünf Meilen, und jener des Biela'schen Kometen im December 1805 bloss sechs Meilen Durchmesser gehabt haben, während hingegen der Kern des Kometen III 1815 einen Radius von 800 Meilen besass.

Die grösseren Kometenkerne sind keine compacten Massen und man kennt kein Beispiel der Verdeckung eines Fixsternes durch einen Kometenkern. Auch der vielbesprochene Vorübergang des Kometen von 1819, der nach Olber's Rechnung am 26. Juni von $5^h\ 39^m$ bis $9^h\ 18^m$ stattthatte, spricht mehr für die theilweise Durchsichtigkeit des Kernes, als dagegen. Ferner wird diese Ansicht unterstützt durch die auffallenden Volumänderungen der Kerne von vielen Kometen. Nach Arago's Beobachtungen erschien der vordem scharfe Kern des Halley'schen Kometen am 23. October 1835 plötzlich so verwaschen und gross, dass der Beobachter an eine so schnelle und bedeutende Veränderung kaum glauben konnte. Bei demselben Kometen war Lahire anderthalbhundert Jahre früher, am 26. August 1682, nicht minder erstaunt gewesen, den sternartig glänzenden Kern plötzlich matt und kaum wahrnehmbar zu finden.

Wenn aber auch die Kerne keine durchaus soliden Körper sind, so kann man doch die Beobachtungen, bei welchen kleine Sterne von der neunten Grösse ab nahe beim Kerne vorüberziehend und selbst in diesem stehend, ohne alle Schwächung des Lichtes sollen gesehen worden sein, nur mit Vorsicht anführen, ja man darf sie aus physiologischen Gründen geradezu bestreiten.

Ueber die individuelle Natur der Kometen ist man durch die neuesten Forschungen zu wichtigen Resultaten gelangt, die uns wenigstens einige Schritte der Lösung dieses schwierigen Problems näher bringen.

Im December 1866 fand Schiaparelli anknüpfend an einige frühere Untersuchungen von A. Erman für die im August sichtbaren Sternschnuppen eine parabolische Bahn, welche eine merkwürdige Uebereinstimmung mit derjenigen des III. Kometen von 1862 zeigte. Die Elemente beider Bahnen sind hier nebeneinander gestellt.

	Sternschnuppen des 10. August.	Komet III 1862.
Durchgang durch d. Perihel	Juli 23,62 m. Z. v. Mailand	August 22,9
Länge des Perihels . . .	343° 38′	344° 41′
Länge des aufsteig. Knotens	138 16	137 27
Neigung	63 3	66 25
Periheldistanz	0,9643	0,9626
Umlaufszeit	105 Jahre (?)	123,4 Jahre (?)
Bewegung	retrograde	retrograde

Die Umlaufsperiode der Augustmeteore ist noch zweifelhaft, ebenso jene des Kometen. Leverrier wurde hierdurch darauf geführt, die Bahn der Novembersternschnuppen unter Annahme einer nahe 33jährigen Umlaufszeit zu untersuchen und erhielt ein Resultat, das, wie Peters sofort

Digitized by Google

bemerkte, mit der Bahn des Kometen I 1866 nach Oppolzer's Rechnungen eine ungemein grosse Uebereinstimmung zeigte. Schiaparelli hat im Februar 1867 auch seine Resultate über die Bahn der Novembersternschnuppen veröffentlicht. Bei diesen Rechnungen wurde das Maximum der Novembersternschnuppen für den 13ten $13^h\ 11^m$ mittl. Zeit v. Greenwich angenommen, und als Radiationspunkt $143^0\ 12'$ AR und $+\ 10^0\ 16'$ D nach Alexander Herschel betrachtet, während die Umlaufszeit nach Newton auf $33^1/_4$ Jahr gesetzt wurde. Die folgende Tabelle enthält die Elementensysteme von Leverrier und Schiaparelli sowie nach Oppolzer diejenigen des Kometen I 1866.

	Sternschnuppen des 13. November		Komet I 1866
	Elemente nach Leverrier	Elemente nach Schiaparelli	Elemente nach Oppolzer
Periheldurchgang . . .		Nov. 10,092	Jan. 11,160
Länge des Perihels . . .	42° 24′	56° 25,9′	60° 28,0′
„ „ aufst. Knotens	231 18	231 28,2	231 26,1
Neigung	14 41	17 44,5	17 18,1
Periheldistanz	0,98900	0,9873	0,9765
Excentricität	0,904354	0,9046	0,9054
Halbe grosse Axe	10,34017	10,340	10,324
Umlaufszeit	33,25 Jahre	33,25 Jahre	33,176 Jahre
Bewegung	rückläufig	rückläufig	rückläufig

Anknüpfend an die vorgenannten Untersuchungen hat Dr. Weiss auch für die übrigen periodischen Sternschnuppenfälle aus den Verzeichnissen die Kometen herausgesucht, welche an den betreffenden Tagen sich in der unmittelbaren Nähe ihrer Knoten und gleichzeitig in einer Entfernung von der Sonne befanden, welche nahe mit derjenigen der Erde übereinkommt. Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate dieser Arbeit. $\mho$ bezeichnet den niedersteigenden, Ω den aufsteigenden Knoten, Δ die Differenz zwischen dem Abstande der Erde von der Sonne und demjenigen des Kometen von der letztern, t ist die Zeit des Knotendurchganges. Zweifelhafte Sternschnuppen sind durch (?) bezeichnet.

Digitized by Google

rnschnuppen-fall	Komet		t	Δ	Knoten	Bemerkungen
n. 1. bis 4.	Komet II	1792	Jan. 3.	— 0,073	υ	
	„ IV	1860	„ 4.	+ 0,025	Ω	
pril 4. bis 11. (?)	„	837	April 13.	— 0,021	Ω	Sehr unsichere Bahn.
„ 20. „ 24. .	„ I	1861	„ 20.	+ 0,002	υ	Umlaufszeit 415 Jahre.
Mai 26. (?). . .	—		—	—	—	Kein Komet.
Juli 27. bis 29.	„ II	1737	Juli 27.	+ 0,005	υ	
Sept. 1. (?). . .	—		—	—	—	Kein Komet.
„ 18. bis 25. (?)	„ I	1790	Sept. 7.	— 0,054	υ	Unsichere Bahn.
„	„ I	1763	„	— 0,016	Ω	Umlfsz. wahrsch. 1000 J.
Oct. 19. bis 26.	„	1779	Oct. 19.	+ 0,024	Ω	
	„	1739	„ 20.	+ 0,078	υ	
	„	1097	„ 21.	+ 0,056	υ	
	„	1366	„ 24.	— 0,054	υ	
Nov. 28.	„ von Biela		Nov. 28.	— 0,018	υ	Umlfsz. 6,6 Jahre.
Dec. 6. bis 9.	„ IV	1819	Dec. 9.	+ 0,085	Ω	wahrsch. 4,8 J.

Weiss macht noch darauf aufmerksam, dass manche der periodischen Sternschnuppenfälle mit der gleichzeitigen Annäherung der Erde an die Bahnen mehrerer Kometen zusammentreffen. Dies findet auch beim Laurentiusstrom (Aug. 10. bis 13.) statt, indem in 317 Grad Länge ausser dem Kometen III 1762 noch der II. 1852 die Erdbahn durchkreuzt. Derselbe Astronom hat ebenfalls bezüglich einzelner reichen, aber isolirten Sternschnuppenerscheinungen, die also nicht periodisch wiederkehrten, Data gesammelt, welche deren Zusammenhang mit den die Erdbahn durchschneidenden Kometen erkennen lassen.

Wir haben uns sonach die Kometen als dichte Sternschnuppenschwärme vorzustellen und das Phänomen eines Sternschnuppenregens gibt uns ein Bild, wie sich der Zusammenstoss der Erde mit einem Kometen für uns Erdbewohner darstellen würde und in der That dargestellt hat.

„Das für Ergründung der Natur der Kometen und Sternschnuppen so wichtige Factum“ (des Zusammentreffens der Meteorschauer mit dem Knotendurchgange von Kometen), sagt Weiss, „lässt wohl keine andere Deutung zu, als dass der Kometenkörper in Folge des wolkenartigen Aggregationszustandes in dem wir uns denselben denken müssen, bei der Annäherung an die Sonne, theils wegen der dabei bewirkten Aenderung der Bedingungen der Stabilität solcher Systeme von materiellen Punkten, theils wegen der physischen Umwandlungen, die er erleidet, nicht mehr als ein Ganzes fortbestehen kann, sondern einzelne Parthieen abstossen muss, die sich mit Beibehaltung des frühern Aggregationszustandes um

Digitized by Google

neue Gravitationscentra sammeln, und wie leicht ersichtlich ist, in Bahnen die Sonne umkreisen werden, welche mit der Bahn des Mutterkometen eine grosse Aehnlichkeit besitzen."

Dass in der Nähe der Sonne, d. h. in denjenigen Regionen, wo uns Kometen überhaupt noch gut zu Gesichte kommen, Ausscheidungen stattfinden, beweisen u. A. besonders die Beobachtungen des Donati'schen Kometen durch Bond. Man erkennt in den Zeichnungen dieses Astronomen die Schichten des abgelagerten Stoffes noch jedesmal in den Stellungen und den Lagen, welche das im Raume fortschreitende Gestirn einige Tage früher eingenommen hatte.

Wenn es nach den neuesten Ergebnissen kaum einen Zweifel mehr unterworfen scheint, dass Kometen und Meteorsteine ihrer Natur nach übereinstimmen, so kann die geringe Masse der Haarsterne hiergegen nicht als Einwurf betrachtet werden. In der That ist letztere nur innerhalb der Grenzen unserer Wahrnehmungen gleich Null zu setzen und Babinet's Berechnungen, nach welchen die Masse eines Kometen kaum gleich derjenigen von einigen Cubikfuss Wasser zu setzen sei, geht von ganz besondern Voraussetzungen aus, mit denen wir uns hier nicht weiter zu befassen haben. Ein Komet, der aus mehreren Millionen von Meteorsteinen bestände, deren jeder 1 Centner wöge, würde trotzdem noch immer nicht $\frac{1}{1000\,000\,000\,000}$ der Erdmasse erreichen, und könnte selbst dann, wenn er der Erde auf 0,002 der Sonnenentfernung nahe käme, die Länge des siderischen Jahres noch nicht um $\frac{1}{5000}$ Secunde ändern. Wie derartige Massen von kosmisch kleinsten Individuen ein Ganzes bilden, in dem jeder einzelne Theil seine Selbständigkeit besitzt, ist ein schwieriges und noch ungelöstes Problem der Dynamik, gleich der ungestörten Bewegung von Myriaden Sonnen in kugelförmigen Sternhaufen. Es ist unzweifelhaft, dass man bei den Kometen hier mit der Gravitation allein nicht ausreicht, sondern dass noch andere physikalische Kräfte berücksichtigt werden müssen, die wir freilich augenblicklich noch nicht in Rechnung ziehen können. Dem Perturbationscalcül zufolge, müssten sich die Kometenköpfe, wenn sie ein Aggregat kleiner Meteormassen bilden, mit zunehmender Sonnennähe ausdehnen, und nach dem Durchgange durch das Perihel wieder zusammenziehen. Die Beobachtungen zeigen nichts davon, ja vielleicht sogar das Gegentheil. Dagegen entwickeln sich die Schweife für unsern Anblick in der Sonnennähe am bedeutendsten und es scheint, als gäben die Nebelhüllen der Köpfe das Material für die Schweife her. Werden aber diese Ausscheidungen in der Sonnenferne wieder zu dem Kopfe hingezogen, oder verdunsten die Schweife in den öden, äthererfüllten Weltraum ? Diese Frage ist noch eine offene, aber die fortwährende Verdunstung ohne Zurückziehung zum Kerne wahrscheinlich. Ueber die Theilung der Kometenschweife kann man gegenwärtig gleichfalls nur Hypothesen wagen. Um beständig im verlängerten Radiusvector zu liegen, müssen die entfernteren Schweiftheilchen in gewissen Fällen selbst die doppelte Geschwindigkeit des Kopfes annehmen; besitzt aber jedes

Digitized by Google

einzelne Theilchen nicht ganz genau die ihm zukommende Geschwindigkeit, was durch eigenthümliche physische Zustände oder auch durch planetarische Anziehung eintretend gedacht werden kann, so wird sich der Schweif fächerartig ausbreiten müssen. Die Beobachtung von zwei Schweifen, deren einer der Sonne zu gerichtet war, findet ihre Erklärung wahrscheinlich darin, dass dieser Schweif nichts anderes als ein abnormes Ausströmungsphänomen von kurz begrenzter Dauer und wechselvoller Intensität war.

Gegenwärtig scheint es, als wenn die grösste Bereicherung unserer Kenntnisse von der individuellen Natur der Kometen aus der genauen Untersuchung der Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteorsteine erwachsen dürfte, besonders hinsichtlich der Schweife. Die Feuerkugeln sind kleine Kometen, die durch den Raum irren und sowohl von den Planeten als den grossen Kometen angezogen sich mit diesen vereinigen. Da die Kometen ihrerseits auch wieder Massen ausscheiden, so sind sie einer fortwährenden Veränderung unterworfen und wenn sich einige auflösen und verschwinden, so können andere periodisch an Grösse und Masse zunehmen. Solche Möglichkeiten realisiren sich, den später anzuführenden Beobachtungen gemäss, in der Wirklichkeit. Doch scheint der Zuwachs feste Grenzen zu besitzen, indem es sonst denkbar wäre, dass die Masse eines Kometen bis zur Bewirkung planetarischer Störungen anwüchse, wovon bis jetzt noch kein Beispiel bekannt ist.

Nachdem im Vorhergehenden in möglichster Vollständigkeit und gedrängter Kürze dasjenige aufzuzählen versucht wurde, was die moderne Wissenschaft über die Natur der Kometen im Allgemeinen erstrebt hat, erübrigt es, specieller einzelner Kometen-Individuen zu gedenken, die für den Fortschritt der Astronomie von Bedeutsamkeit geworden sind.

Wenn die Anzahl der Kometen, die nach Keppler's bildlichem Ausdrucke in den Himmelsräumen „schwimmen wie die Fische im Wasser", aus Gründen der Wahrscheinlichkeit, eine ganz enorm grosse genannt werden muss, und wenn von dieser Unzahl bisher nur verhältnissmässig wenige wirklich sind gesehen worden: so ist unter diesen letzteren wieder nur eine kleine Zahl, die, besonders rücksichtlich ihrer Bahnen, wissenschaftlich untersucht worden ist. Diese letzteren allein sind als Errungenschaften der Himmelskunde zu betrachten. Der für eine genäherte Bahnbestimmung nicht hinreichend beobachtete Komet verliert sich nach kurz dauernder Sichtbarkeit wieder in den ungemessenen Himmelsräumen, und kein Mittel bleibt dem Forscher übrig, bei einer etwaigen Wiederkunft des Haarsternes diesen sofort als periodisch zu erkennen, wenn nicht bei sehr kurzer Umlaufszeit eine grosse Anzahl möglichst fehlerfreier Ortsbestimmungen die Ableitung elliptischer Elemente gestattet, deren wichtigstes Glied (die grosse Axe) dann trotzdem noch immer einer

Digitized by Google

beträchtlichen Unsicherheit unterliegt, bis das Gestirn abermals wiederkehrend von neuem ist beobachtet worden.

Wir behandeln hier die berechneten Kometen in zwei Abtheilungen, deren eine die elliptischen, die andere die parabolischen Bahnen umfasst. Der Uebergang beider Classen in einander ist ein allmählicher, indem bei vieltausendjährigen Umlaufszeiten der Uebergang von der Parabel zur Ellipse meist ein gewagter, ja willkührlicher ist und die Bestätigung der Rechnung der späten Zukunft und der glücklichen Heimkehr des Haarsternes anheim gegeben werden muss.

Die Zahl der in elliptischen Bahnen einhergehenden Kometen, welche der Rechnung gehorsam zur bestimmten Zeit wiedergekehrt sind, beträgt gegenwärtig neun. Es sind folgende:

1) Der Encke'sche Komet.
2) Der Biela'sche Komet.
3) Der Faye-Möller'sche Komet.
4) Der Komet von de Vico.
5) Brorsen's Komet.
6) d'Arrest's Komet.
7) Der Winnecke'sche Komet.
8) Der Halley'sche Komet.
9) Der von Bruhns als periodisch erkannte Komet von 1790.

Der Encke'sche Komet wurde zuerst am 17. Januar 1786 von Méchain entdeckt, aber es gelang dem französischen Astronomen im Vereine mit Messier nur noch einmal, am 19. Januar, das Gestirn wiederzusehen. Es war also damals für die Berechnung, die mindestens drei Beobachtungen erforderte, verloren. Am 7. November 1795 sah Miss Herschel den Kometen wieder, aber auch die diesmaligen Beobachtungen genügten nicht zur Bahnbestimmung. Erst bei der Wiederkehr 1805 gelang es, parabolische Elemente zu berechnen, und als der Komet 1818 abermals zur Sonne zurückkehrte und Bouvard die erste genäherte Bahn desselben bestimmte, machte Arago sofort die Bemerkung, dass die Kometen von 1805 und 1818 wegen der Aehnlichkeit ihrer Bahnverhältnisse identisch sein dürften. Die genaueren Untersuchungen Encke's erwiesen bald, dass der Komet die überraschend kurze Umlaufszeit von 3,3 Jahren besitze. Die allgemeine Kometentafel enthält zwar schon die Bahnelemente dieses Gestirnes für die verschiedenen Zeiten seines Periheldurchgangs, doch dürfte es nicht überflüssig sein, dieselben nach Encke's Bestimmungen hier in einer Tabelle zusammenzustellen. Für die Erscheinungen von 1865 und 1868 haben v. Asten und Becker genäherte Elemente abgeleitet.

Digitized by Google

Bahnelemente des Encke'schen Kometen.

Perihel durchgang mittl. par. Zeit				Länge des Perihels	Länge des Ω	Neigung	Perihel distanz	Halbe grosse Axe	Excentricität	Umlaufszeit	Bewegung
				° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″					
1786 Januar	30. 21h	7m	12s	156 38	334 8	13 36	0,33482	2,208	0,84836	3,281 Jahre	D
1795 Decbr.	21. 10	44	22	156 41 20	334 39 22	13 42 30	0,33442	2,213	0,84888	3,292 „	D
1805 Novbr.	21. 12	9	11	156 47 24	334 20 10	13 33 30	0,34042	2,213	0,84618	3,292 „	D
1819 Januar	27. 6	18	14	156 59 12	334 33 19	13 36 54	0,33525	2,214	0,84658	3,295 „	D
1822 Mai	23. 23	16	1	157 11 44	334 25 9	13 20 17	0,34597	2,224	0,84446	3,318 „	D
1825 Sept.	16. 6	42	39	157 14 31	334 27 30	13 21 24	0,34486	2,223	0,84489	3,315 „	D
1829 Januar	9. 18	3	28	157 17 53	334 29 32	13 20 34	0,34554	2,224	0,84462	3,316 „	D
1832 Mai	3. 23	34	6	157 21 1	334 32 9	13 22 9	0,34347	2,222	0,84541	3,312 „	D
1835 August	26. 8	48	53	157 23 29	334 34 59	13 21 15	0,34444	2,223	0,84504	3,314 „	D
1838 Decbr.	19. 0	26	59	157 27 4	334 36 41	13 21 28	0,34404	2,222	0,84518	3,313 „	D
1842 April	12. 0	35	30	157 29 27	334 39 10	13 20 26	0,34501	2,223	0,84479	3,314 „	D
1845 August	9. 15	11	11	157 44 21	334 19 33	13 7 34	0,33814	2,216	0,84744	3,300 „	D
1848 Novbr.	26. 2	55	56	157 47 8	334 22 12	13 8 36	0,33703	2,215	0,84783	3,296 „	D
1852 März	14. 17	22	9	157 51 2	334 23 21	13 7 54	0,33745	2,215	0,84766	3,297 „	D
1855 Juli	1. 4	49	0	157 53 12	334 26 24	13 8 9	0,33710	2,215	0,84779	3,295 „	D
1858 Octbr.	18. 8	50	58	157 57 30	334 28 34	13 4 15	0,34072	2,218	0,84639	3,304 „	D
1862 Februar	6.	50	22	158 0 50	334 30 50	13 5 0	0,33990	2,217	0,84671	3,302 „	D

Der Encke'sche Komet ist nicht allein durch seine kurze Umlaufszeit und den Umstand merkwürdig, dass sein Aphelium noch weit diesseits der Jupitersbahn bleibt, sondern auch dadurch, dass bei ihm eine,

Digitized by Google

der Zeit proportionale Vergrösserung der mittlern täglichen Bewegung stattfindet. Die Dauer der Umlaufszeit beträgt nach den letzten Untersuchungen Encke's 1211^d, $3259 - 0^d$, $11176\,r$, wo r die Zahl der Wiederkünfte zum Perihel seit 1829 bezeichnet. Die Verkürzung beträgt also für neun Umlaufsperioden fast genau 1 Tag.

Diese merkwürdige Erscheinung führte zuerst Olbers auf die Annahme eines die Himmelsräume erfüllenden, der Bewegung widerstehenden Mediums. Hierdurch wird die Tangentialkraft des Kometen vermindert und mit ihr die grosse Axe der Bahn und die Periode des Umlaufs.

Diese Hypothese eines widerstehenden Mittels hat indess bis jetzt noch bei keinem andern Kometen Bestätigung gefunden, denn die Untersuchungen über die Bahn des Faye'schen Kometen, welche Möller in Lund angestellt, ergaben nach der letzten Revision der umfangreichen Störungsrechnungen keine der Zeit proportionale Beschleunigung der mittlern täglichen Bewegung, wie man vorher angenommen hatte.

Wenngleich man bestimmt annehmen kann, dass die Himmelsräume keineswegs absolut leer sind, so darf man doch gegenwärtig Zweifel an der Olbers-Encke'schen Hypothese eines wahrnehmbaren Widerstandes hegen; einestheils, weil sich, wie schon Bessel dagegen geltend machte, etwas Analoges noch bei keinem andern Kometen gezeigt hat, anderntheils, weil die Haarsterne Weltkörper von so eigenthümlicher Constitution sind, dass es durchaus nicht im Gebiete der Unwahrscheinlichkeit liegt, wenn wir in ihnen Processe vor sich gehend annehmen, die einen wahrnehmbaren Einfluss auf die Tangentialgeschwindigkeit des ganzen Körpers ausüben können. —

Der Biela'sche Komet wurde 1772 von Montagne zuerst gesehen, doch ohne dass man ihn als periodisch erkannte; ebenso 1805, wo Pons das wiederkehrende Gestirn auffand. Nachdem es seitdem zweimal unbemerkt zur Sonne zurückgekommen war, fand am 27. Februar 1826 Biela dasselbe von neuem auf und zehn Tage später auch Gambart. Beide erkannten aus den ersten parabolischen Elementen die Periodicität des Kometen und beeilten sich die Bahn elliptisch zu berechnen. Es ergab sich eine Umlaufszeit von 6,7 Jahren.

Der Komet erschien als Nebelmasse ohne Schweif, schwächer leuchtend als Encke's Gestirn, und Olbers bestimmte 1805 seinen Durchmesser zu 10,6 Erdradien.

Gleich wie Encke's Komet durch eine sich regelmässig verkürzende Umlaufszeit, so ist der Komet von Biela durch ein noch weit seltsameres Phänomen, durch plötzliche Zertheilung in zwei Gestirne und durch späteres gänzliches Verschwinden, für die Astronomie von Wichtigkeit geworden.

Abgesehen von den wenig sicheren Nachrichten, die Ephorus von einem Kometen des Jahres 371 v. Chr., und die chinesischen Annalen von einem ähnlichen im Jahre 896 v. Chr. geben, hatte schon Kepler bei dem Schweifsterne von 1618 von einer Theilung gesprochen und diese

Digitized by Google

Wahrnehmung wurde durch ähnliche Beobachtungen in Ispahan, Goa und Parma bestätigt. Nichtsdestoweniger hatte die neuere Astronomie — mit Recht oder Unrecht? — diese Wahrnehmungen durchaus ignorirt bis am 29. December 1845 zuerst die amerikanischen Zeitungen die überraschende Nachricht brachten, dass Maury auf dem Observatorium zu Washington den Biela'schen Kometen in zwei getheilt erblickt habe. In Europa bemerkte man die Trennung erst gegen Mitte und Ende Januar, obgleich schon am 19. December Hind eine Hervorragung gegen Norden an der noch ungetheilten Nebelmasse wahrgenommen hatte. Am 21. December scheint die Trennung noch nicht stattgefunden zu haben, da eine Beobachtung von Encke im Berliner Refractor nichts dergleichen andeutete. Struve fand am 19. Februar die Distanz beider Kerne gleich 6′ 7″, am 21. gleich 6′ 33″, am 4. März 7′ 20″, am 5. gleich 9′ 19″, am 23. gleich 13′ 32″. Doch war diese Zunahme der Entfernung nach Plantamour's Untersuchungen durchaus nur eine scheinbare und von der Annäherung an die Erde herrührend.

Nach d'Arrest's Rechnung ergeben sich die linearen Distanzen beider Kometenkerne für die verschiedenen Beobachtungstage wie folgt:

1846 Januar	14.	38 390	geogr.	Meilen
„	24.	40 420	„	„
Februar	3.	41 529	„	„
„	13.	41 822	„	„
	23.	41 572	„	„
März	5.	41 091	„	„
„	15.	39 053	„	„
	25.	37 339	„	„

Das Maximum des wechselseitigen Abstandes fiel zusammen mit der Zeit des Periheldurchganges am 11. Februar 1846 und betrug ungefähr 41 930 Meilen. Diese Zahlen gelten übrigens für die frühere Encke'sche Sonnenparallaxe.

Höchst auffallend war bei den Zwillingskometen, die beide als vollständige und geschweifte Gestirne erschienen, der Helligkeitswechsel. Der allmählich anwachsende Nebenkomet übertraf eine Zeit lang das Muttergestirn, aber bis zum 24. März nahm er bis zur Unsichtbarkeit ab, während der grössere erst am 20. April verschwand.

Im Spätsommer 1852 kehrten beide Gestirne, der Rechnung gemäss, zur Sonne zurück und wurden in Rom, Pulkowa, Cambridge (England) und Berlin beobachtet. Die gegenseitige Distanz beider Kerne hatte sich bedeutend vermehrt; nach d'Arrest war dieselbe an verschiedenen Tagen folgende:

1852 August	27.	325 682	geogr.	Meilen
September	4.	338 324	„	„
„	12.	347 526	„	„
„	20.	352 342	„	„
„	28.	350 310	„	„

Digitized by Google

Auch diesesmal fiel der grösste Abstand mit dem Perihel zusammen.

Im Jahre 1859 konnte das Gestirn wegen der Lage seiner Bahn nicht beobachtet werden, dagegen musste es im Winter 1866 für die Erde gut sichtbar werden. Nach den Untersuchungen von Dr. G. Michez mussten die Bahnelemente für diese Erscheinung sein:

Durchgang durch das Perihel	1866 Januar 26,4205	mittl. Berl. Zeit
Länge des Perihels . . .	109° 39′ 50,4″	mittl. Aequinoctium zur Zeit des Perihels
Länge d. aufsteig. Knotens	245 44 43,9	
Neigung	12 22 2,0	
Excentricitätswinkel . . .	48 43 21,4	
Mittlere tägliche Bewegung	530″,0625	
Halbe grosse Axe	3,5512	

Nach diesen Elementen musste sich das Doppelgestirn zwischen dem 2. September 1865 und dem 11. März 1866 innerhalb eines Theiles des Himmelsgewölbes bewegen, der zwischen $0^h\ 17^m\ 10^s$ und $7^h\ 59^m\ 25^s$ Rectascension und $+\ 23^0\ 27{,}9'$ und $-\ 49^0\ 42{,}6'$ der Declination liegt. Indess ist der Komet nicht aufgefunden worden, obgleich besonders d'Arrest und Secchi mit ihren grossen Instrumenten eifrig darnach suchten und der letztgenannte Astronom bei dieser Gelegenheit 14 neue Nebelflecke entdeckte.

Das Nichterscheinen des Kometen ist höchst auffällig. Littrow, O. Struve und Weiss glauben das Gestirn sei den Nachforschungen bloss entgangen, und der letztgenannte Astronom macht darauf aufmerksam, dass man 1842 bei den Beobachtungen, beide Kometenköpfe nicht genau identificiren konnte und dass, wenn 1852, wo der Komet der Erde fern blieb, die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung auf sechs Grad stiegen, man auch jetzt, nach einem nicht beobachteten Periheldurchgange von vornherein auf grosse Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung gefasst sein müsse. Dem entgegen behauptet d'Arrest, dass das Gestirn den Beobachtungen auf der Sternwarte zu Kopenhagen selbst dann nicht hätte entgehen können, wenn alle Störungsrechnungen seit 1852 wären verkehrt angebracht worden, ja der Komet wäre gesehen worden, wenn er in den Monaten November und December 1865 an der entgegengesetzten Seite des Himmels erschienen wäre.

Schon Kepler glaubte an eine nur ephemere Existenz der Kometen, die er freilich überhaupt nicht als Himmelskörper neben den Planeten gelten liess. Newton sprach klar den Gedanken aus, dass sich die Haarsterne mit der Zeit auflösen. Olbers war der Ansicht, dass der Stoff derselben langsam im Weltraume abgelagert würde, und Encke war, wie d'Arrest versichert, von dem allmählichen Schwächerwerden des nach ihm benannten Kometen fest überzeugt und glaubte, dass mit der Zeit nichts mehr davon übrig bleiben werde.

Digitized by Google

Sieht man die Theilung mit Recht nicht als ein gewissermaassen nur zufälliges, sondern häufiger vorkommendes Ereigniss an (der am 26. Februar 1860 von Liais in Olinda entdeckte Komet hat ebenfalls ein Beispiel derselben dargeboten), und untersucht man von diesen Gesichtspunkten aus die tabellarische Zusammenstellung aller berechneten Kometenbahnen: so trifft man allerdings einige wenige Fälle, wo man zu der Annahme verleitet werden möchte, als hätten in der That zwei nahezu gleichzeitig ihr Perihel erreichende Haarsterne vor Zeiten einen einzigen Kometen gebildet.

Ich habe in den Verzeichnissen vier Kometen gefunden, von denen je zwei als Zwillingskometen angesehen werden könnten. Es sind folgende, deren genäherte Elemente ich beifüge:

	Komet 1857.	Komet 1857.
Durchgang durch das Perihel . .	Juli 18.	October 1.
Länge des Perihels	249° 36′	250° 8′
„ „ aufsteig. Knotens . .	23 41	14 58
Neigung	58 57	56 3
Periheldistanz	0,37	0,57
Lauf	R	R

Wenn nach Villarceau dem ersten Kometen eine Umlaufszeit von 7040, und nach Linsser dem zweiten eine solche von 2436 Jahren wirklich zukommt, so dürfen die Abweichungen, welche sich in den Knotenlängen und Periheldistanzen finden, nicht auffallen.

	Komet 1863.	Komet 1863.
Durchgang durch das Perihel . .	Februar 3.	December 29.
Länge des Perihels	191° 23′	183° 8′
„ „ aufsteig. Knotens . .	116 56	105 2
Neigung	85 22	83 19
Periheldistanz	0,79	1,31
Lauf	D	D

Diese Kometen sind nur parabolisch berechnet worden. Valz machte darauf aufmerksam, dass der letztgenannte Komet mit jenem 1863 IV hinsichtlich der Knoten und Neigungen eine Uebereinstimmung zeige, die zu der Vermuthung berechtige, beide hätten sich in der Vorzeit getheilt. Ich stelle die Elemente beider Kometen daher hier noch zusammen.

	Komet 1863.	Komet 1863.
Durchgang durch das Perihel .	November 9.	December 29.
Länge des Perihels	94° 43′	183° 8′
„ „ aufsteig. Knotens . .	97 29	105 2
Neigung	78 5	83 19
Periheldistanz	0,71	1,31
Lauf	D	D

Digitized by Google

Man ersieht hieraus, dass der Februar-Komet den zu erfüllenden Bedingungen (der Uebereinstimmung der Bahnelemente) im allgemeinen besser Genüge leistet wie derjenige des November. —

Der Faye-Möller'sche Komet ward am 22. November 1843 als schweiflose, einen hellen Kern zeigende Nebelmasse von Faye auf der Pariser Sternwarte entdeckt.

Die Ellipticität der Bahn bei einer verhältnissmässig kleinen Umlaufszeit von 2700 Tagen ward schon bald von Goldschmidt in Göttingen erkannt und von Faye und Leverrier bestätigt. Letzterer bestimmte den nächsten Periheldurchgang auf die Mitternachtsstunde des 3. April 1851, er traf ein in den Vormittagsstunden des 2. April. Das Gestirn war so ungemein lichtschwach, dass es nur vom 28. November 1850 bis zum 4. März 1851 in Berlin, Cambridge (England) und Pulkowa beobachtet werden konnte. Bei der nächsten Wiederkunft 1858 ward der Komet bloss in Berlin und Cambridge gesehen. Die letzte Rückkehr im Spätsommer 1865 wurde besser beobachtet, indem der Komet in Athen, Berlin, Clinton, Kopenhagen, Paris und Rom gesehen ward. Er erschien als Nebel dritter Classe, nahe rund, 25″ gross, mit kleinem aber deutlichem Kerne in der Mitte. Diese Wahrnehmungen wurden am 22. August in Kopenhagen gemacht. Gegen Ende September, als sich die Nebelhülle stark vergrösserte, verlor sich das Lichtpünktchen in der Mitte.

Die Beobachter rühmen sämmtlich die ausgezeichnete Genauigkeit der Möller'schen Ephemeride, wodurch die Position des Gestirns nach einer siebenjährigen Unsichtbarkeit in Rectascension bis auf die Bogenminute, in Declination bis auf ein paar Secunden genau angegeben wurde. Die vor der Erscheinung abgeleiteten elliptischen Elemente sind nach Möller folgende:

Epoche 1865. October. 4,0 mittl. Berl. Zeit	
Mittlere Länge	342° 18′ 32,41″
Länge des Perihels	49 56 54,56
„ „ aufsteig Knotens .	209 41 52,91
Neigung	11 22 7,44
Mittlere tägliche Bewegung .	478″,64582
Excentricitätswinkel . . .	33° 53′ 8,57″

De Vico's Komet wurde am 22. August 1844 entdeckt und erschien in dem darauf folgenden September dem blossen Auge als Stern sechster Grösse sowie im Fernrohre mit ziemlich bestimmtem Kern und schwachem Schweife. Brünnow und Leverrier stellten die Ellipticität bei einer Umlaufszeit von $5^1/_2$ Jahren ausser Zweifel. Während aber die nächste Wiederkehr zum Perihel wegen der Stellung des Kometen unsichtbar bleiben musste, konnte das Gestirn im August 1855 sehr wohl sichtbar sein. Doch ist es nicht wiedergefunden worden, indem sich die Nachricht der Wiederauffindung durch Goldschmidt nicht bestätigt hat.

Digitized by Google

Nach Leverrier's Untersuchungen ist die Identität dieses mit dem von Lahire 1678 entdeckten Kometen anzunehmen.

Brorsen's Komet ward als teleskopische, kern- und schweiflose Nebelmasse am 26. Februar 1846 auf dem Kieler Observatorium entdeckt. Van Galen, Brünnow und Hind haben sich mit seiner Bahnbestimmung beschäftigt und fanden übereinstimmend eine Umlaufszeit von etwa $5^1/_2$ Jahren.

Bei seiner Rückkehr im Jahre 1851 hat man den Kometen nicht aufgefunden, wohl aber 1857, wo er von Bruhns gesehen wurde. Die letzte Rückkehr fand 1868 statt und ist der Komet besonders von P. Secchi am 23., 24. und 25. April spectroskopisch untersucht worden. Das Gestirn zeigte sich als ein kleiner, von Nebel umgebener lichter Kern siebenter bis achter Grösse. Das Spectrum war discontinuirlich, aus einer Anzahl lichter Zonen zusammengesetzt, zwischen denen sich sehr schwach erhellte Räume befanden. Die hauptsächlichste Zone liegt im Grün in der Nähe der Magnesiumlinie, zwischen dieser und der Fraunhofer'schen Linie *F* des Sonnenspectrums. Diese Bande war hell genug, um sie gleichzeitig mit dem directen Bild des Kometen sehen zu können; ihre Grenzen waren verwaschen und nebelig. Eine andere Zone zeigte sich im Blau, jenseits der Linie *F*, ebenfalls nebelig und schwächer als die vorhergehende. Ausserdem existirten noch zwei andere helle Zonen im Roth und Gelb, von denen die erstere sehr schwach war. Secchi schliesst mit Recht, dass der Komet (der dritte, der bis damals ein discontinuirliches Spectrum gezeigt) neben dem reflectirten Sonnenlichte auch eignes Licht aussendet, und hat diese Ansicht auch gegen die zum Theil sehr begründeten Einwürfe von Prazmowski behauptet. Huggins stimmt in seinen Beobachtungen des Spectrums den Schlüssen Secchi's bei und ist der Ansicht, dass das Spectrum des Winnecke'schen Kometen demjenigen des Donati'schen Kometen ähnlich sei.

Der d'Arrest'sche Komet ward am 27. Juni 1851 zu Leipzig entdeckt und bis zum October beobachtet. Der Entdecker fand bald, dass sich die Beobachtungen nicht gut durch eine Parabel, wohl aber durch eine Ellipse mit einer halben grossen Axe von 3,4618 darstellen lassen. Villarceau und Oudemans haben genauere Untersuchungen geliefert und die Rückkehr des Kometen zu seinem Perihel auf den December 1857 bestimmt, eine Voraussagung, die sich vollständig bewährt hat.

Winnecke's Komet wurde am 8. März 1858 zu Bonn aufgefunden, und der Entdecker fand, nachdem die parabolischen Elemente auf eine Identität mit dem Kometen III 1819 hindeuteten, eine Ellipse mit 5,559 Jahren Umlaufszeit. Der Komet ist seitdem nicht wiedergesehen worden.

Der Halley'sche Komet, der erste, dessen periodische Wiederkehr vorher bestimmt wurde, erscheint in den Annalen der Völker bis über den Anfang unserer Zeitrechnung hinauf.

Nach Hind lassen sich folgende Erscheinungen dieses Haarsternes nachweisen:

Digitized by Google

1)	12 v. Chr.	Perihel:	October	8.	19^h	19^m		m. par. Zeit
2)	218 n. „	„	April	6.				
3)	295 „	„	„	(Anfangs)				
4)	373 „	„	November	„				
5)	451 „	„	Juli	3.	12^h			
6)	531 „	„	November	(Anfangs)				
7)	608 „	„	„	„				
8)	837 „	„	April	„				
9)	912 „	„	„	„				
10)	989 „	„	September	17.				
11)	1378 „	„	November	8.	18^h	28^m	48^s	
12)	1456 „	„	Juni	8.	22	10		
13)	1531 „	„	August	25.	19	10		
14)	1607 „	„	October	26.	17	20	19	
15)	1682 „	„	September	14.	19	14	14	
16)	1759 „	„	März	12.	13	23	55	
17)	1835 „	„	November	15.	22	41	22	

Edmund Halley kam 1705, als er die Elemente der Kometen von 1682, 1607 und 1531 nach seiner neuen Methode berechnet hatte, durch die auffallende Uebereinstimmung derselben mit einander aufmerksam gemacht, zu dem Ergebnisse, dass diese drei Erscheinungen nur Wiederkünfte eines und desselben Kometen seien. Er folgerte aus seiner Untersuchung, dass der Komet gegen Ende 1758 oder Anfangs 1759 wieder erscheinen werde. Nach der genauern Rechnung von Clairaut und Madame Lepaute sollte das Perihel eintreten am 13. April 1759, mit einer Unsicherheit der Rechnung von $\pm$ 30 Tagen; doch ist die Rechnung an sich nicht ganz fehlerfrei, wie Pontécoulant bei einer Revision derselben gefunden hat.

Am 25. December 1758 wurde der zurückkehrende Komet zuerst von dem Landmanne Palitsch zu Prohlis bei Dresden gesehen; Mitte Januar fand ihn Messier und am 1. April war er selbst dem blossen Auge sichtbar. Das Perihel traf ein am 12. März.

Am 1. April war der sehr schwache Schweif nach Messier 25 Grad lang. La Nux auf der Insel Bourbon fand seine Länge am 20. April gleich 6 bis 7 Grad, am 28. gleich 19 Grad und schmal, am 5. Mai endlich gleich 47 Grad und sehr schmal.

Die Vorausberechnungen für die Wiederkehr 1835 wurden besonders von Pontécoulant, Damoiseau, Rosenberger und Lehmann ausgeführt. Mitte October erschien der Kern von der Helligkeit eines Sternes erster Grösse, nachdem das Gestirn am 23. September von Laugier schon mit blossem Auge war erkannt worden.

Am 15. October erschien der Schweif nach Arago 20 Grad lang, am 16. 12 Grad, am 26. nach Schwabe 7 Grad, am 28. nach Herschel 3 Grad und der Kern gleich einem Sterne dritter Grösse. Im Fern-

Digitized by Google

rohre war der Komet zuerst aufgefunden worden von Dümouchel und de Vico in Rom am 5. August.

Ueber die physischen Eigenthümlichkeiten und Veränderungen des Kopfes vom Halley'schen Kometen ist bereits oben gehandelt worden. Hier sei nur noch bemerkt, dass sich die mittlere Umlaufszeit während der letzten sechs Perioden auf 76 Jahre 2 Monate stellt. Pontécoulant hat für die nächste Rückkehr des Kometen im Jahre 1910 die Elemente mit Rücksicht auf die Störungen, welche die Bahn durch die vereinigten Wirkungen der oberen Planeten erleidet, berechnet und gefunden:

Durchgang durch das Perihel 1910	Mai 16,95 m. Zt. v. Paris
Excentricität	0,96173317
Länge des Perihels	305° 38′ 14″
„ „ aufsteigenden Knotens	57 10 33
Neigung	17 46 51
Halbe grosse Axe	17,9554574
Mittlere tägliche Bewegung . .	46,635068″.

Der von Bruhns als periodisch erkannte Komet I 1858 wurde am 4. Januar von Tuttle in Cambridge (Vereinigte Staaten) aufgefunden. Schon die ersten Rechnungen zeigten die Identität mit dem Kometen II 1790, der zwischen beiden Epochen unbemerkt fünf Umläufe von je 13,7 Jahren gemacht hat.

Nachdem wir im Vorhergehenden diejenigen Kometen behandelt haben, die mit Sicherheit der Rechnung gemäss zurückgekehrt sind, gehen wir nunmehr zu denjenigen über, denen der Calcül eine elliptische Bahn angewiesen hat, die aber bis jetzt nur bei einem Periheldurchgange sind gesehen worden. Diese Kometen werden hier zusammengestellt nach der Dauer ihres Umlaufs; im allgemeinen sind in dieser Hinsicht nur die sechs ersten als einigermaassen sicher zu betrachten, aber bei allen, wo die Umlaufszeit ein Jahrhundert übersteigt, ist eine Vorherbestimmung der Wiederkehr sehr gewagt.

Der am 26. Juni 1846 von Peters in Neapel entdeckte Komet VI 1846 hat nach d'Arrest eine Umlaufszeit von	15,89 Jahren
Der von Tempel entdeckte Komet I 1866. Die Umlaufszeit ist höchst wahrscheinlich nicht grösser als	31,9 Jahren
Westphal's Komet hat nach der Berechnung des Entdeckers eine Umlaufsdauer von	60,7 Jahren
Der am 20. Juli 1812 von Pons entdeckte Komet, nach Encke's Rechnung	70,0 Jahren
Der von de Vico am 20. Februar 1846 aufgefundene Komet, nach Peirce	73,7 Jahren
Olbers' Komet, nach Bessel's Rechnung	74 „

Digitized by Google

	hat eine Umlaufszeit von
Der am 20. Juli 1847 von Brorsen gefundene Komet	75 Jahren
Komet 1863 II	124 „
„ von 1683	190 „
„ 1845 III	249 „
„ 1857 IV die berechneten Umlaufszeiten variiren von	178 bis 258 „
„ von 1840	344 „
„ 1843 I	376 „
„ 1861 I	415 „
„ 1861 II	420 bis 422 „
„ 1793 II	422 „
„ 1855 II	493 „
„ 1846 VII	400 bis 500 „
„ 1855 I	520 „ 1059 „
„ 1853 II	785 „
„ 1811 II	875 „
„ 1854 V	998 „
„ 1860 III	1090 „
„ 1853 I	1215 „
„ 1854 IV	1310 „
„ 1846 VIII	1382 „
„ 1807	1714 „
„ 1858 V	(1880 bis 1950) „
„ 1769	2090 „
„ 1857 V	2463 „
„ 1827 II	2611 „
„ 1846 I	2721 „
„ 1811	3066 „
„ 1825	4386 „
„ 1822	5449 „
„ 1851 III	5550 „
„ 1858 VII	6000 „
„ 1857 VI	6143 „
„ 1857 III	7040 „
„ 1849 III	8375 „
„ 1680	8813 „
„ 1847 I	10818 „
„ 1840	13864 „
„ 1850 I	28800 „

Bei diesen Kometen muss in historischem Interesse noch desjenigen von 1770 gedacht werden. Er wurde im Juni 1770 von Messier entdeckt und Lexell erkannte, dass sich das Gestirn in einer elliptischen Bahn bewege, bei einer Umlaufszeit von 5 Jahren 7 Monaten. Allein weder vor- noch nachher ist der Komet gesehen worden, ein Fall,

Digitized by Google

der um so unerklärlicher war, als das Gestirn hell genug erschien, um der Hoffnung Raum zu geben, es werde künftighin nicht ungesehen vorüberziehen.

Erst Burckhardt's Untersuchungen klärten die Sache auf, indem dieser unermüdliche Rechner nachwies, dass der Komet bloss durch seine bedeutende Annäherung 1767 an den Jupiter in jene enge elliptische Bahn geworfen worden war, dass er aber 1779 durch die entgegengesetzte Wirkung jenes mächtigen Planeten wieder aus derselben gelenkt wurde und uns niemals mehr zu Gesichte kommen wird. Zwar hat Leverrier später darauf aufmerksam gemacht, dass Burckhardt's Rechnungen nothwendig von Schreibfehlern entstellt seien und solche hat wirklich d'Arrest in den Originalpapieren Burckhardt's aufgefunden; doch sind sie ohne wesentlichen Einfluss auf das Endresultat, denn der Komet hat nach der verbesserten Rechnung ehedem eine Umlaufszeit von nahe 11 Jahren besessen bei einer Periheldistanz von drei Erdbahnradien.

Es verbleibt noch schliesslich der wichtigsten nicht elliptischen Kometen zu gedenken, indess mögen hiervon nur diejenigen herausgehoben werden, bei denen sich eine hyperbolische Bahn den Beobachtungen am besten anschliesst. Diese sind:

1)	Der	Komet		von 1771
2)	„	„		„ 1774
3)	„	„	II	„ 1806
4)	„	„	III	„ 1818
5)	„	„	I	„ 1840
6)	„	„	III	„ 1844
7)	„	„	VI	„ 1847
8)	„	„	II	„ 1852
9)	„	„	III	„ 1853
10)	„	„	IV	„ 1853
11)	„	„	VI	„ 1863

Wenn man die Schwierigkeiten und den kurzen Zeitraum der Beobachtungen erwägt sowie ferner die geringen Differenzen, aus denen der Schluss auf die Hyperbel gemacht wird, so ist man allerdings geneigt, die hyperbolische Bahn, besonders der hier angeführten älteren Kometen, als ein blosses Rechnungsresultat anzusehen, dem die Wirklichkeit nicht immer entspricht. Zudem machen die neuesten Forschungen über die individuelle Natur der Kometenkörper mehr als wahrscheinlich, dass diese Massen, besonders wenn ihre Bahnen sehr ausgedehnt sind, in sehr veränderlichen, ephemeren Curven einhergehen. Es ist durchaus nicht unstatthaft anzunehmen, dass ein Komet, der als in rein parabolischer Bahn einhergehend betrachtet wurde, nach einer gewissen Jahresreihe, theils durch Anziehung der äussersten (und theilweise gewiss noch unbekannten) Planeten, theils durch gewaltige physische Revolutionen in ihm selbst, in eine ganz andere Bahn geworfen wird und uns wieder erscheint. Einige

Digitized by Google

gegenwärtig als periodisch erkannte Kometen von kleiner, planetenartiger Umlaufszeit sind trotzdem früher niemals gesehen worden, eine Thatsache, die sich am einfachsten dadurch erklärt, dass sie eben früher noch nicht in ihrer engen elliptischen Bahn einhergingen.

Die meisten parabolischen Bahnen sind einander durchaus nicht ähnlich, man schliesst daraus auf eine Verschiedenheit der betreffenden Kometen. Dieser Schluss aber ist vielleicht nicht richtig und die Anzahl der innerhalb unseres Sonnensystems vorhandenen Kometen geringer, als man bisher anzunehmen gewohnt ist. Vielleicht sind manche der früheren in den Verzeichnissen unter verschiedenen Nummern aufgeführten Kometen identisch, aber jedesmal in einer durch störende Einflüsse, die wir theilweise noch kaum ahnen, sehr bedeutend modificirten Bahn zurückgekehrt. Die älteren Beobachtungen sind bloss nicht genau genug, uns die Ellipticität zu zeigen. Wohl aber finden sich derartige Andeutungen in den neueren Beobachtungen, die sehr häufig auf nicht allzu grosse Ellipsen führen. Die Zukunft muss hierüber entscheiden, sie wird dann auch zeigen, weshalb der Halley'sche Komet relativ so beständig geblieben ist innerhalb der letzten 2000 Jahre, während andere weit mehr wandelbar erschienen sind.

Digitized by Google

Die Meteorite.

Die Welt der Meteorite hat erst seit verhältnissmässig sehr kurzer Zeit ihr Bürgerrecht in der Astronomie erworben, obgleich sie, was Raumfülle, Pracht der Erscheinung und Eigenthümlichkeit anbelangt in unserem Sonnensysteme einzig dasteht, und vielleicht in ihrer Gesammtheit Masse genug besitzt, um sich der verfeinerten Beobachtung dereinst durch planetare Störungen bemerklich zu machen.

Nach dem, was wir heute, hauptsächlich durch die Arbeiten von Chladni, Olbers, Bessel, Arago, Boguslawsky, Heis, Schmidt, Herrick, Quetelet, Newton, Schiaparelli, Leverrier und Anderen, von diesem bisher so vernachlässigten Theile der planetarischen Astronomie wissen, gehören die donnernd auf den Erdboden herabstürzenden Aërolithen, die farbig am Firmamente einherziehenden Feuerkugeln und die phosphorisch in fixsternähnlichem Glanze oft zu Tausenden auftauchenden Sternschnuppen in eine und dieselbe Classe von Phänomenen.

Wir beginnen unsere Betrachtungen mit den Aërolithen, der einzigen Gruppe von ausserirdischen Körpern, die in das Bereich unserer Berührung und unserer chemischen, qualitativen wie quantitativen Untersuchung treten.

Nach Miller und Haidinger scheint die älteste Erwähnung vom Himmel herabgefallener Meteorite im 15. Buche der Ilias (V. 18 bis 22) stattzufinden, indem die beiden Ambosse, von denen Jupiter spricht, zwei Meteorsteine sein sollen. Zur Unterstützung dieser Behauptung wird auf das Zeugniss des Eustathus verwiesen (12. Jahrhundert), nach dessen Versicherung man damals die beiden Ambosse noch gezeigt und als der Tradition zufolge vom Himmel gefallene Steine betrachtet habe. Als sicherer kann man den Steinregen betrachten, der 654 v. Chr. auf dem albanischen Berge statthatte und von dem Livius (I. 30.) spricht (wenngleich Humboldt vermuthet, es handle sich hier nur um einen vulcanischen Ausbruch), sowie ferner (nach de Guignes) den Fall von fünf Steinen in der chinesischen Provinz Song im Frühling 644 vor Beginn

Digitized by Google

unserer Zeitrechnung. Der schwarze Stein in der Kaaba zu Mekka ist nach Burton, der ihn von allen Seiten genau betrachtet hat, ein Meteorit von unbekannter Fallzeit, aber jedenfalls sehr hohem Alterthume. Der Tradition zufolge wurde er durch Engel vom Himmel zur Erde gebracht. Partsch hat die meteorische Natur dieses Steines noch in einer eigenen Abhandlung zu erweisen gesucht.

Ganz unzweifelhaft ist das Niederstürzen einer ungeheuren Steinmasse 476 v. Chr. bei Aegos Potamoi in Thracien. Pindar war vielleicht Augenzeuge des weitberufenen Ereignisses. Nach Plinius soll der Stein zu seiner Zeit noch vorhanden gewesen sein und die Grösse eines Wagens gehabt haben. „Trotz der vergeblich angewandten Bemühungen des afrikanischen Reisenden Brown," sagt A. v. Humboldt, „habe ich nicht die Hoffnung aufgegeben, man werde einst diese so schwer zerstörbare thracische Meteormasse in einer den Europäern jetzt sehr zugänglichen Gegend (nach 2300 Jahren) auffinden."

Die älteste genauere Schilderung eines Meteoritenfalles im Allgemeinen, wird nach de Guignes schon lange vor unserer Zeitrechnung von den Chinesen gegeben. Sie gedenken in ihren Berichten der Wolke, aus welcher der Meteorit hervorbricht, der heftigen Donnerschläge und des prasselnden Niederstürzens des Aërolithen.

Unter den nach Beginn unserer Aera eingetretenen Meteorsteinfällen werden im Folgenden nur diejenigen angeführt, bei denen wenigstens das Jahr des Ereignisses sicher ist, und ausserdem noch etwas mehr als die blosse Erwähnung des Factums sich in den Annalen der Völker findet.

Nach E. Biot gedenken die Chinesen eines nach dem Voraufziehen einer Feuerkugel stattgehabten Steinfalles am 14. Januar 616, wodurch ein Wagen zerschmettert wurde und zehn Menschen ihr Leben verloren.

In Deutschland soll, den *Annales Fuldenses* zufolge, im Jahre 823 ein so grossartiger Aërolithenfall sich in Sachsen ereignet haben, dass Menschen und Vieh erschlagen und 35 Dörfer vom Feuer verzehrt worden seien.

Der nach der Chronik des Mönchs Benedict von St. Andrea in den gleichnamigen Fluss bei dem Orte Narni 921 gefallene grosse Meteorstein ragte angeblich eine Elle hoch über das Wasser hervor.

Avicenna gedenkt mehrerer Meteoritenfälle um das Jahr 1010 in Aegypten, Persien etc.; auch eine Eisenmasse soll nach ihm bei Dschardschan gefallen sein. Der berühmte Arzt und Chemiker beschreibt genau die näheren Umstände, welche das Herabstürzen begleiteten.

Nach Georg Fabricius fiel am Pfingstfeste 1164 eine Eisenmasse in der Gegend von Meissen nieder.

Am 1. October 1304 fielen nach Spangenberg bei Friedeburg an der Saale feurige Steine, dem Hagel gleich, vom Himmel, die Brand erregten und dem Landvolke vielen Schaden zufügten.

Der berühmte Ensisheimer Steinfall ereignete sich am 7. November

Digitized by Google

1492. Seit drittehalbhundert Jahren hängt in der Kirche dieses Ortes eine Tafel, neben einem Fragmente des Meteorits, welche besagt:

„*Anno Domini* 1492 uff Mittwochen nächst vor Martini den siebenten Tag Novembris geschah ein seltsam Wunderzeichen. Denn zwischen der eilften und der zwölfften Stund zu Mittagszeit kam ein grosser Donnerklopff und ein lang Getöss, welches man weit und breit hörte, und fiel ein Stein von den Lüfften herab bei Ensisheim in ihrem Bann, der wog zweihundert und sechzig Pfund, und war der Klopff anderwo viel grösser, dann allhier. Da sahe ihn ein Knab in eim Acker im oberen Feld, so gegen Rhein und Ill zeucht, bei dem Gisgang gelegen, schlagen, der war mit Waitzen gesäet und that ihm kein Schaden, als dass ein Loch innen würd. Da führten sie ihn hinweg und ward etwa mannig Stück davon geschlagen: das verbot der Landvogt. Also liess man ihn in die Kirche legen, ihn willens dann zu eim Wunder aufzuhencken und kamen viel Leut allher den Stein zu sehen, auch wurden viel seltsam Reden von dem Stein geredet. Aber die Gelehrten sagten, sie wissen nicht, was es wär, denn es wär übernatürlich dass ein solcher Stein sollt von den Lüfften herabschlagen, besonders es wär ein Wunder Gottes, denn es zuvor nie erhört, gesehen noch geschrieben befunden worden wär. Da man auch den Stein fand, da lag er bei halb Mannestief in der Erden, welches jedermann dafür hält, dass es Gotts Wille war, dass er gefunden würde. Und hat man den Klapff zu Lucern, zu Pfillingen und sonst an viel Orten so gross gehört, dass die Leut meinten, es wären Häuser umgefallen.

„Darnach uff Montag nach Catharinen gedachten Jahrs, als König Maximilian allhier war, hiessen ihre königliche Excellenz den Stein, so jüngst gefallen, ins Schloss tragen, und als man ihn darein brachte, hielt er Excellenz viel Kurzweil mit dem Stein, und da er lange mit den Herren davon redt, sagte er, die von Ensisheim sollten ihn nehmen und in die Kirche heissen aufhencken, auch niemands davon lassen schlagen. Doch nahm er Excellenz zwey Stück davon: das Ein behielt sein Excellenz, das Andere schickte er Herzog Siegmunden von Oesterreich. Und war eine grosse Sage von dem Stein, also hinck man ihn in den Chor, da er noch henckt. Auch kam eine grosse Welt den Stein zu sehen."

Sebastian Brandt hat das Niederfallen dieses Meteoriten in einem Gedichte beschrieben, das P. Merian neuerdings auf der Universitätsbibliothek in Basel wiedergefunden hat und in dem es unter Anderem heisst:

„Drji Zentner schwer fiel dieser stein
Hie in dem Feld von Ensisheim
Drji eck hat der verschwerzet gar
Wie ertz gestalt und erdes war.
Ouch ist gesehen in dem lufft
Slymbes fiel er in erdes Klufft
Clein stück sint kommen hin und har

Digitized by Google

Und wit zerfüert sûst sichst in gar
Tunow Necker Arh Ill und Rin
Switz, Uri hoert den Klapff der In,
Ouch doent er den Burgundern ver
In forchten die Franzosen ser.
Rechtlich sprich ich das es bedüt
Ein bsunder plag derselben lüt."

Die Explosion des Meteors scheint hiernach von ganz besonderer Heftigkeit gewesen zu sein. Das Fragment in der Kirche zu Ensisheim ist von graubläulicher Farbe, fast schieferig und leicht spaltbar, mit eingesprengten Olivinkörnern und enthält Eisenkies und nickelhaltiges Eisen. Am Stahle gibt es keine Funken und ist leicht zerreiblich.

Der ungeheure Meteorsteinfall von Crema ereignete sich am 4. September 1511. Petrus Martyr von Anghiera, der Fragmente eines der niedergefallenen Steine besass, gibt in einem seiner Briefe eine lebendige Schilderung des Phänomens, obgleich er es selbst nicht beobachtet hat. Hiernach erschien ein grosses, tiefschwarzes Gewölk, aus dem Blitze hervorgingen, welchen Donnerschläge folgten. Die Erleuchtung war so bedeutend, dass die Bewohner von Bergamo während der fast gleichzeitig eintretenden totalen Sonnenfinsterniss die ganze Ebene von Crema sehen konnten. Dem Herabsturze der Steinmassen ging das Auftreten einer geschweiften Feuerkugel voraus, die Cardanus bezeichnend genug für einen Kometen hielt. Die niederfallenden Massen erschlugen Vögel und Schafe, selbst Fische; auch ein Frate zu Crema wurde getödtet. Cardanus behauptete, es seien 1200 einzelne Steine gefallen und unter diesen einer von 260 und ein anderer von 120 Pfund.

Im Jahre 1583 fiel im Thüringischen unter starken Detonationen ein Stein zur Erde, 39 Pfund schwer, der sich $^3/_4$ Elle tief in den Boden wühlte und kurze Zeit nachher noch so heiss war, dass man ihn nicht anrühren konnte.

Nach Mercati sahen am 9. Januar 1583 einige Bewohner von Castro Villari in Calabrien bei heiterer Luft plötzlich eine düstere, sich schnell bewegende Wolke, aus der unter furchtbarem Getöse ein 30 Pfund schwerer Stein zur Erde stürzte und zerbarst.

Gassendi sah am 27. November 1617 in der Provence eine sehr grosse Feuerkugel, welche donnernd explodirte und aus der mit Zischen ein Stein, heiss dampfend und den gerade hoch liegenden Schnee schmelzend, herabstürzte, und sich drei Fuss tief in den Erdboden wühlte. Der Meteorit wog 59 Pfund und war von dunkler metallischer Farbe.

Am 7. März 1618 senkte sich ein feuriges Meteor um Mitternacht auf den Justizpallast in Paris herab und erregte Brand im grossen Sitzungssaale.

Etwa dreissig bis fünfunddreissig Jahre später fiel nach dem Berichte des schwedischen Capitains Olaf Erikson Wilmann ein Meteor-

Digitized by Google

stein auf das Verdeck seines segelnden Schiffes und erschlug zwei Matrosen. Dieses Ereignisses, obgleich das Jahr desselben nicht genau festgestellt ist, wurde hier ausnahmsweise gedacht, weil seine Thatsächlichkeit ausser Zweifel steht.

Im Jahre 1660 fiel zu Mailand ein äusserst kleiner Meteorit in das Kloster Sta. Maria della Pace und tödtete einen Franziskanermönch. Man fand an dem Schenkel des Unglücklichen eine schwarze, bis zum Knochen reichende Wunde und im Grunde derselben ein rundliches, scharfrandiges beim Zerbrechen schweflig riechendes Steinchen.

Valisneri, Montanari und Andere gedenken eines gewaltigen Steinfalls im Juni 1668 (nach Anderen 1672?), der zur Nachtzeit im Veronesischen sich ereignete, und wobei unter furchtbaren, von Feuererscheinungen begleiteten Detonationen zwei Steine, zwei bis drei Centner schwer, zur Erde fielen.

Scheuchzer berichtet in seiner Naturgeschichte der Schweiz über das Niederfallen eines Meteorsteines am 19. Mai 1698.

Unter Donnergetöse fielen am 22. Juni 1723 bei Plescowitz und Liboschitz in Böhmen 33 Steine aus den Lüften herab. Sie verbreiteten Schwefelgeruch und waren metallischer Natur, mit einer schwarzen Rinde überzogen.

Ein ähnlicher Steinregen fand, wie Castillon anführt, am 18. October 1738 bei Carpentras in der Grafschaft Avignon statt.

Am 1. October 1750 fiel ein Stein zu Nicorps bei Cousance in der Normandie unter heftigem Getöse nieder.

Im Jahre 1751, am 26. Mai, sah man in einem grossen Theile von Deutschland eine feurige Kugel, die mit dumpfem Geräusch gegen Osten zog. Sie explodirte heftig detonirend und aus dem entstehenden schwarzen Rauche fielen zwei Massen nieder bei Hradschina im Agramer Komitate in Croatien. Wie Haidinger neuerdings aus alten Urkunden nachgewiesen hat, blieb der zickzackförmige Schweif der Feuerkugel $3^1/_2$ Stunden lang am Himmel sichtbar. Von den beiden niedergefallenen Massen wog die eine 71 Pfund und war auf einem frisch gepflügten Acker drei Klafter tief in den Boden gedrungen. Ein kleineres Fragment von 16 Pfund lag 2000 Schritte davon entfernt, scheint aber verloren gegangen zu sein, während das andere Stück in der kaiserlichen Schatzkammer aufbewahrt wurde. Die Oberfläche desselben ist zellig, der Kern besteht überwiegend aus gediegenem Eisen und ist von einer dünnen schwarzen Rinde umgeben.

Der am 5. Juli 1753 bei Plan Strkow in der Nähe von Tabor in Böhmen gefallene, fünf Pfund schwere Meteorit ist mit Adern und eingesprengten Körnern von gediegenem Eisen und Magnetkies durchzogen. Das Ganze überdeckt eine dünne schwarze Rinde.

In dem nämlichen Jahre, am 7. Februar um 2 Uhr Nachmittags, fielen zu Luponas (Departement Ain) unter weithin schallendem Getöse zwei Steine nieder, von denen der eine 20, der andere $11^1/_2$ Pfund wog.

Digitized by Google

Sie haben an ihrer Oberfläche eine schwarze Rinde, wie geschmolzen, und kommen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung mit den Meteoriten von Tabor überein.

Bei Alboreto unweit Modena fiel im Juli 1766 ein Meteorstein hernieder, von dem sich ein Fragment (13,31 Gramm schwer) im Wiener Hof-Mineraliencabinet findet und über den Troili *Ragionamento delle caduto di un sasso, Modena 1766*, schrieb.

Am 13. September 1768 sah man zu Lucé im Sarthe-Departement eine kleine düstere Wolke, vernahm einen kurzen Donnerschlag dem ein brüllendes Getöse folgte und erblickte einen dunkeln Körper aus den Wolken herabstürzen. Man fand einen $7^1/_2$ Pfund schweren Stein im Rasen stecken und noch so heiss, dass man ihn nicht berühren konnte. Die chemische Untersuchung des Aërolithen, mit welcher von der Pariser Akademie Fougeroux, Cadet und Lavoisier beauftragt wurden, musste damals noch sehr unvollkommen ausfallen. Die Commission fand den Stein zusammengesetzt aus 55,5 Theilen glasartiger Masse, 36 Theilen Eisen, und den Rest bestehend aus Schwefel. Da man den Aussagen der Augenzeugen, dass der Stein aus den Lüften gefallen sei, keinen Glauben beimass, so nahm man als wahrscheinlichsten Ursprung an, der Meteorit habe unter dem Rasen gelegen, sei vom Blitze getroffen, herausgeschleudert und oberflächlich geschmolzen worden.

Am 20. November desselben Jahres, Nachmittags 4 Uhr, fiel ein 38 Pfund schwerer Stein bei Mauerkirchen (Oesterreich ob der Enns) nieder. Auch hier ging nach dem eidlich erhärteten Berichte von Augenzeugen eine heftige Detonation dem Niedersturze vorauf.

Am 24. Juli 1790 fiel bei Juillac in der Nähe von Roquefort ein Meteorstein nieder, über welchen der Bürgermeister des Kirchspiels ein amtliches Protokoll aufnahm, in dem es heisst, dass ein grosses Feuer am Himmel erschienen sei, dass von vielen Zeugen unmittelbar darauf ein heftiger Knall vernommen worden, und einige Minuten später Steine vom Himmel gefallen wären, von denen etliche nicht gar tief in den Erdboden eingedrungen. Dr. Baudin, Professor in Pau, hatte jene Meteorerscheinung ebenfalls bemerkt und gab davon folgenden Bericht, der auch heute noch als Muster betrachtet werden darf:

„Als ich am Samstage, den 24. Juli 1790, Abends halb zehn Uhr, im Hofe des Schlosses Mormés bei reiner, ruhiger Luft spazieren ging, wurden wir überrascht, uns plötzlich von einem weissen, hellen Lichte umgeben zu sehen, das, obgleich Vollmond war, den Mondschein überstrahlte. Wir erblickten über uns ein aussergewöhnliches Meteor vorbeifliegen. Es war eine Feuerkugel, deren Durchmesser grösser erschien als derjenige des Mondes. Sie zog einen Schweif hinter sich, fünf- bis sechsmal länger als breit, welche Breite derjenigen der Kugel gleichkam, und ging gegen Ende spitz zu. Die Farbe der Kugel und des Schweifes war ein mattes, blasses Weiss, aber die Spitze erschien tiefroth, fast blutroth. Wir hatten kaum zwei Secunden geschaut, als sich die Kugel in mehrere

Digitized by Google

beträchtliche Stücke trennte, die wir in verschiedenen Richtungen fallen sahen und welche nur eine kleine, weissliche Wolke an der Stelle, wo die Kugel zersprang, zurückliessen. Die verschiedenen Trümmer verlöschten in der Luft; andere hatten während des Fallens die nämliche rothe Farbe, welche ich am Ende des Schweifes bemerkt hatte. Ungefähr drei Minuten später hörten wir einen furchtbaren Donner, oder vielmehr eine Explosion, wie beim Abfeuern schwerer Geschütze; der Lärm schien senkrecht über unseren Häuptern und in den Thälern der Pyrenäen widerzuhallen. Ich schloss, das Meteor müsse wohl sechs bis sieben Meilen über uns gewesen sein und dass es etwa vier Meilen von Mormés gegen Norden niedergefallen sei. Dies bestätigte sich, denn es war bei Juillac zur Erde gekommen und einige Steine fast bei Barbotan. Es scheint, dass das Meteor bei Juillac zerplatzte und dass sich die Steine auf eine runde Fläche von zwei Meilen Durchmesser vertheilten, wo sie von verschiedener Grösse niederfielen. Man hat von diesen etliche gefunden, welche 18 bis 20, ja 50 Pfund wogen und die sich zwei bis drei Fuss tief in die Erde gewühlt hatten. Das Meteor wurde zu Bayonne, Pau und selbst zu Bordeaux und Toulouse gesehen."

Am 16. Juni 1794, 7 Uhr Abends, erblickte man zu Siena (Toskana) nahe dem Zenith ein kleines düsteres Wölkchen an dem sonst klaren Himmel. Plötzlich gingen von demselben unter Feuererscheinung Detonationen aus, in Folge deren sich Rauch zu entwickeln schien, der nebelartig und in heftiger Bewegung sich zeigte. Die Explosionen wiederholten sich eine Zeit lang in rascher Aufeinanderfolge, während zischend eine Menge von Steinen auf den vom Regen erweichten Erdboden herabfiel und hier eindrang. Die verschiedenen Fragmente, wahrscheinlich Trümmer einer einzigen Masse, waren nur klein (das grösste wog sieben Pfund) und beträchtlich erhitzt. Sie zeigten sich mit einer schwarzen Rinde umgeben, und enthielten fein vertheilt Eisen und Magnetkies in geringen Mengen.

Am 13. December 1795 hörte man bei Woldcottage in Yorkshire einen furchtbaren Donner und mehrere Beobachter sahen unter einer Art Funkensprühen einen Stein aus den Lüften fallen, der zwei Fuss tief in die Erde drang und nach einiger Zeit, noch heiss und Schwefelgeruch verbreitend, herausgezogen wurde. Der Meteorit wog 56 Pfund und war mit einer geschmolzenen Kruste überzogen. Howard hat ihn analysirt und gefunden:

50,00	Kieselsäure
32,00	Eisenoxyd
24,66	Magnesiumoxyd
1,30	Nickeloxyd

Im Jahre 1798 am 8. oder 12. März erblickte man zu Salés (Departement du Rhône) um 6 Uhr Abends eine geschweifte Feuerkugel, die zischend und funkensprühend in anscheinend geringer Entfernung bei

Digitized by Google

mehreren Personen vorbeieilte und unter Brausen zur Erde fiel. Am anderen Tage fand man an dieser Stelle in $1^1/_2$ Fuss Tiefe einen schwarzen Stein, warm und nach Schwefel riechend, 25 Pfund schwer. Nach Klaproth's Analyse war die Zusammensetzung:

2,25	Eisen
0,60	Nickel
44,00	Kieselsäure
22,50	Magnesiumoxyd
25,00	Eisenoxyd

Am 13. December 1798 erschien über dem Horizont von Benares eine grosse Feuerkugel, die unter Donner und Getöse explodirte. Sie schleuderte über eine Fläche von etwa zwei Quadratmeilen Steine einher, deren grösster zehn Pfund schwer sein mochte. Nach Howard's Untersuchung bestand die Grundmasse aus:

48	Kieselsäure
18	Magnesia
34	Eisenoxyd
2,5	Nickeloxyd

Die schwarze Kruste zu analysiren gelang nicht, weil zu geringe Mengen erhalten wurden.

Den 26. April 1803, zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags, sah man zu Alençon, Falaise und Caen eine Feuerkugel, die sich von Südost nach Nordwest bewegte. Einige Augenblicke nachher vernahm man bei l'Aigle im Orne-Departement aus einem kleinen, fast unbeweglichen Wölkchen eine fünf bis sechs Minuten andauernde Explosion, deren Heftigkeit einige Male ab- und zunahm. Jedesmal entfernten sich einige der Dämpfe welche das Wölkchen bildeten. Eine Lichterscheinung ward nicht bemerkt. Die niedergefallenen Steine fanden sich auf einer elliptischen Fläche von 1 bis 2 Meilen Länge vertheilt, ihre Anzahl betrug 2000 bis 3000 und der grösste wog 18 Pfund, der kleinste 8 Gramm. Einige Tage später waren sie fester als unmittelbar nach dem Falle. Fourcroy und Vauquelin haben einzelne Fragmente (ziemlich unvollkommen) analysirt und fanden als Zusammensetzung derselben:

53	Kieselsäure
9	Magnesiumoxyd
36	Eisenoxyd
3	Nickeloxyd
2	Schwefel

Am 15. März 1806 fielen bei St. Etienne de Lolm und Valence in der Nähe von Alais unter heftigen Explosionen zwei Steine von acht und vier Pfund Gewicht heiss hernieder. Die Analysen, welche Monge, Ber-

Digitized by Google

thelot, Vauquelin, Fourcroy und Thénard ausgeführt haben, sind sehr unvollkommen. Erstere fanden:

38 . . . . Eisenoxydul
30 . . . . Kieselsäure
14 . . . . Magnesia
2 . . . . Nickel
2 . . . . Manganoxydul
2 . . . . Chromoxyd
2 . . . . Kohle
Spuren von Schwefel

Schon Berzelius fand 1834, dass dieser Meteorit eine organische, in Wasser lösliche, beim Erhitzen sich bräunende und etwas schwarze Kohle zurücklassende Masse enthalte. Roscoe hat ein Fragment des Meteoriten kürzlich untersucht. Die weisse Efflorescenz an der Oberfläche des Minerals besteht hauptsächlich aus kleinen Krystallen von schwefelsaurer Magnesia, ausserdem konnten durch die Spectralanalyse noch Natrium und Calcium nachgewiesen werden. Eisen ist nicht in den löslichen Salzen enthalten. 1,0583 Gramm traten an Wasser 0,1155 Gramm lösliche Bestandtheile ab. Aether löste aus dem Rückstande 1,94 Proc. von dem ursprünglichen Mineral und aus der Lösung schieden sich beim Verdampfen Krystalle ab. Diese besassen einen eigenthümlichen aromatischen Geruch und schmolzen bei 114°, sublimirten bei weiterem Erhitzen und hinterliessen einen geringen kohligen Rückstand. Unter dem Mikroskop erkannte man zwei verschiedene Krystallformen, die eine nadelförmig, die andere rhombisch. Jene waren in absolutem Alkohol schwer, in Aether, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl und kalter Salpetersäure leicht löslich und färbten die Schwefelsäure braun. Letztere lösten sich ebenfalls in Aether und Schwefelkohlenstoff, wurden aber von kalter Salpetersäure, Schwefelsäure und Terpentinöl nicht verändert. Der ätherische Auszug gab mit Schwefelsäure keine Reaction; nach dem Kochen mit Salpetersäure aber entstand ein leichter Niederschlag von schwefelsaurem Baryt. Bei der Verbrennung im Sauerstoffstrome gaben 0,0078 Gramm des Extracts bei 100° getrocknet 0,010 Gramm schweflige Säure, 0,008 Gramm Kohlensäure und 0,003 Gramm Wasser. Demnach enthielt der Meteorit 1,24 Proc. freien Schwefel, 0,54 Proc. Kohlenstoff und 0,1 Proc. Wasserstoff in einer in Aether löslichen Verbindung. Das Mineral enthält ausserdem eine beträchtliche Menge von Kohle (wahrscheinlich Graphit), welche in Aether unlöslich ist. Die totale Menge Kohle wurde durch Verbrennen in Sauerstoffgas bestimmt und gleich 3,36 Proc. gefunden.

Am 13. März 1807 fiel bei Timochin im Gouvernement Smolensk ein 140 Pfund schwerer Stein nieder, dessen Oberfläche schwarz und von drahtähnlichen Streifen überzogen aussieht, während das Innere aschgrau ist.

Bei Weston in Nordamerika sah man am 14. September 1807 eine Feuerkugel, welche sich sprungweise, gewissermaassen hüpfend fortbe-

Digitized by Google

wegte. Sie explodirte drei Mal und schleuderte auf einer Strecke von zehn englischen Meilen Länge Steine herab, die beim Auffinden noch heiss und weicher waren als später. Sie erschienen von einer schwarzen Rinde überzogen, und der grösste wog 35 Pfund. Wardent's chemische Analyse ist zu unvollkommen, als dass sie Erwähnung verdient.

Am 22. Mai 1808 fielen zu Stannern in Mähren auf einer elliptischen Fläche 200 bis 300 Steine von $^1/_2$ Loth bis 11 Pfund Gewicht. v. Schreibers hat das Factum genau untersucht und Rammelsberg eine Analyse des Meteoriten gegeben, nach welcher der in Säuren lösliche Theil Anorthit, der unlösliche Augit zu sein scheint. Metallisches Eisen fehlt ganz. Haidinger hat an diesem Meteoriten die Einwirkungen des Durchgangs durch die Atmosphäre nachzuweisen versucht.

Nach Boussingault und Mariano de Rivero fiel in der Nacht vom 20. zum 21. April 1810 auf dem Wege von Pomplana nach Bogota (Süd-Amerika) ein Meteorit von 1500 Pfund Gewicht so tief in den Boden, dass er kaum noch einige Zoll darüber hervorragte. Die genannten Forscher fanden als Zusammensetzung:

92 . . . . . Eisen
8 . . . . . Nickel

Am 23. November 1810 sah man in Chersonsville (Departement Loiret) eine Feuerkugel, die drei Mal explodirte und zwei Steine von 40 und 20 Pfund Gewicht auf den Boden niederschleuderte. Diese Steine haben wie gewöhnlich eine schwarze Rinde; was sie indess besonders auszeichnet, sind schwarze unregelmässige Adern von derselben Textur wie die Grundmasse, die sich nur durch ihre dunklere Farbe hervorheben.

Am 5. August 1812 fiel zu Chantonnay in der Vendée ein Meteorit von 69 Pfund, der noch ein halbes Jahr nach dem Falle einen intensiven Schwefelgeruch verbreitete, am Stahle Funken gibt und auf dem Bruch ungewöhnlich dunkel ist. Die Rinde ist undeutlich und stellenweise von dunkelgraurother Farbe. Nach der Analyse von Berzelius hat der Meteorit folgende Zusammensetzung;

Durch Salzsäure zersetzbarer Theil 51,12 Proc.

Lösliches Mineral		Sauerstoffgehalt
Kieselsäure	32,607	16,96
Magnesia	34,357	
Kalk	—	20,04
Eisenoxydul	28,801	
Manganoxydul . . .	0,812	
Nickeloxydul mit Zinkoxyd und Kupferoxyd . .	0,456	
Kali und Natron . .	0,977	
Thonerde	—	
Chromeisen	—	
Verlust	1,971	

Digitized by Google

Durch Salzsäure unzersetzbarer Theil 48,88 Proc.

Unlösliches Mineral		Sauerstoffgehalt
Kieselsäure . . .	56,252	29,75
Magnesia	20,396	
Kalk	3,106	
Eisenoxydul . . .	9,723	
Manganoxydul . .	0,690	
Nickeloxydul mit Zinkoxyd und Kupferoxyd	0,138	. . . 14,34
Kali und Natron .	1,512	
Thonerde	6,025	
Chromeisen . . .	1,100	
Verlust	1,070	

Nach Rammelsberg besteht der unlösliche Theil aus 1 Labrador und 4 Hornblende, der lösliche enthält Olivin und ein Silicat, das aber kein Anorthit ist.

Am 13. December 1813 fielen bei Lontalax in Finnland eine Menge Meteorsteine, meist in einen See, der mit Eis bedeckt war, so dass nur diejenigen gefunden werden konnten, welche nicht durch das Eis durchgeschmolzen waren. Nordenskjöld und später Berzelius haben dieselben genauer untersucht. Nach dem letztgenannten Chemiker bestehen die in Säuren unlöslichen 6,37 Proc. des Minerals aus Chromeisen, Zinn, Magnesia, Kalk, Eisenoxydul, Thonerde und Manganoxydul.

Am 5. September 1814 um Mittag fielen bei Agen im Departement Lot und Garonne Steine nieder, die eingesprengten Magnetkies und nach Stromeyer Chrom, aber keinen Nickel enthalten.

Am 3. October 1816 fiel zu Chassigny in der Nähe von Longres ein Meteorit, dessen chemische Zusammensetzung von Vauquelin untersucht wurde. Schon diese unvollkommene Analyse zeigt, dass dieser Stein rücksichtlich seiner Zusammensetzung eine grosse Aehnlichkeit mit dem Peridot besitzt, die freilich Vauquelin entgehen musste, da zu seiner Zeit das Gesetz des Isomorphismus noch nicht bekannt war. Damour hat 1862 eine neue Untersuchung des Meteoriten ausgeführt. Dieser Stein unterscheidet sich von den anderen durch eine blassgelbe Färbung und erscheint unter der Loupe als zusammengesetzt aus einer Menge kleiner, rundlicher, glasartig glänzender Körper, die stellenweise einzelne tiefschwarze Körner umschliessen. Er ist weder magnetisch noch enthält er metallisches Eisen oder Nickel und seine Dichte ist 3,57. Nur die äussere Rinde wird vom Magnete angezogen. Vor dem Löthrohre schmilzt der Stein zu einer schwarzen magnetischen Schlacke. Von Salpetersäure wird er angegriffen. Die abgedampfte Lösung liefert gallertartige Kieselsäure. Nach der Analyse hat er folgende Zusammensetzung:

Digitized by Google

		Sauerstoff		Verhältniss
Kieselsäure . .	0,3530	—	0,1833	1
Magnesia . . .	0,3176	0,1248		
Eisenoxydul . .	0,2670	0,0593	1,851	1
Manganoxydul .	0,0045	0,0010		
Chromoxyd . .	0,0075			
Kali	0,0066			
Pyroxen . . .	0,0377			

Diese Resultate führen zu der Formel $(^1/_3\ FeO, {}^2/_3\ MgO)_2\ SiO_2$, welche dem Hyanosiderit zukommt.

Am 13. Juni 1819 fielen bei Jonzac im Departement der untern Charente eine Menge Steine, die durchaus keinen Nickel, wohl aber Chrom enthalten.

Zu Lasdani bei Dünaburg sah man am 12. Juli 1820 eine grosse, explodirende Feuerkugel, aus welcher Steine, heiss und Schwefelgeruch verbreitend, herabgeschleudert wurden. Sie besitzen eine schwarze, rauhe, chagrinartige Rinde, zeigen unter der Loupe quarzähnliche Körnchen und geben am Stahle Funken.

Am 15. Juni 1821 sah man zu Juvenas in Languedoc eine Feuerkugel, die mit einem Geräusche explodirte, dass das unwissende Landvolk jener Gegenden meinte, es führen Teufel durch die Luft. Erst nach acht Tagen wagte man sich an das Ausgraben und fand einige Steine, worunter ein Hauptexemplar von 220 Pfund Gewicht. Die graue Grundmasse besteht aus einem weisslichen und einem schmutzig grünlichen Gemengtheile, beide in krystallinischen, eckigen Körnchen und Blättchen erscheinend. Die sehr dünne Rinde ist schwarz und glänzend. Der weissliche Gemengtheil ist nach Shepard und Rammelsberg Anorthit. Die Analyse desselben ergab nämlich:

Durch Säuren zersetzbarer Theil.		Sauerstoffgehalt.	
Kieselsäure	44,38	23,06	
Thonerde	33,73	16,73	
Eisenoxyd	3,29		
Kalk	18,07		
Magnesia	0,36	. . . .	5,59
Natron	1,03		
Kali	0,33		
Phosphorsäure . . .	0,54		
Schwefeleisen . . .	0,71		

Digitized by Google

Durch Säuren nicht zersetzbarer Theil.		Sauerstoffgehalt.
Kieselsäure	52,07	27,27
Thonerde	0,24	
Eisenoxydul	30,81	12,57
Kalk	5,68	
Magnesia	9,98	
Natron	0,41	
Chromeisen	2,13	
Titansäure	0,16	

Der Meteorit besteht demnach aus etwa 36 Proc. Anorthit, 60 Proc. Augit, 1,5 Proc. Chromeisen, $^1/_4$ Proc. Magnetkies und wahrscheinlich noch kleinen Mengen Apatit und Titanit. Ein Nickelgehalt ist nicht vorhanden.

Am 13. September 1822 fiel bei Epinal unter heftigen Detonationen ein Meteorstein, der nach Vauquelin's Analyse Nickel und Chrom enthält.

Am 22. Mai 1827 fiel bei Sommer-County ein Meteorit, den v. Baumhauer mit der ihm eigenen Genauigkeit chemisch untersucht hat. Die Zusammensetzung ist hiernach:

11,49	Nickeleisen mit Kobalt und Zinn,
4,84	Schwefeleisen,
1,97	Chromeisen,
45,06	Olivin,
3,72	Labrador,
32, 9	Hornblende.

Ein am 4. Juni 1828 bei Richmond in Virginien gefallener Meteorit besteht nach Shepard aus Olivin, Nickeleisen, krystallisirtem Magnetkies und wahrscheinlich Labrador.

Am 25. November 1833 ereignete sich bei Blansko in Mähren ein Meteorsteinfall, der ziemlich reichlich gewesen zu sein scheint, wenngleich wegen der waldigen Beschaffenheit des Terrains trotz der Bemühungen Reichenbach's nur acht Steine aufgefunden worden sind. Berzelius hat eine ausgezeichnete Analyse dieses Meteoriten gegeben. Hiernach besteht derselbe aus:

Nickeleisen (mit Kobalt, Zinn, Kupfer, Schwefel und Phosphor)	17,15 Proc.
Einem Silicat von Magnesia und Eisenoxydul (Sauerstoff der Säure zu dem der Base 1 : 1 [Olivin])	42,67 Proc.
Einem Silicat von Magnesia und Eisenoxydul, gemengt mit einem Silicat von Alkali, Kalk und Thonerde (Sauerstoff der Säure zu dem der Base 2 : 1)	39,43 Proc.
Chromeisen, verunreinigt mit Zinnstein	0,75 „

Am 12. Juli 1834 fiel zu Charavallas in Indien ein Meteorit, sieben

Digitized by Google

bis acht Pfund schwer, der 15,07 Proc. Nickeleisen und Spuren von Schwefel enthält, während die steinigen Theile aus Kieselsäure, Magnesia, Eisenoxydul, Thonerde und Kalk bestehen.

Am 13. November 1835 explodirte im Departement de l'Ain eine Feuerkugel, deren Bestandtheile mehrere der mit Stroh gedeckten Häuser entzündeten. Es sind nur zwei Meteorsteine gefunden worden, über die keine genauere Analyse bekannt wurde. Das specifische Gewicht dieses Meteoriten beträgt nur 1,35. (?)

Am 13. October 1838 ereignete sich bei Bokkeveld in der Capcolonie ein grossartiger Meteorsteinfall unter furchtbarem Donner. Harris hat diesen Meteoriten genau analysirt und folgende Zusammensetzung gefunden:

Kohlenstoff	1,67
Eisen	2,50
Nickel	1,30
Schwefel	3,38
Kieselsäure	30,80
Eisenoxydul	29,94
Magnesia	22,20
Calciumoxyd	1,70
Thonerde	2,05
Chromoxyd	0,76
Kali und Natron	1,23
Manganoxydul	0,97
Kupfer	0,03
Bituminöse Substanz	0,25

(Spuren von Kobalt und Phosphor.)

Was letztere anbelangt, so wird sie an siedenden Alkohol als weiche, gelbliche, harz- oder wachsähnliche Substanz abgegeben, welche beim Erhitzen in einer Röhre leicht schmilzt und dann unter Abscheidung von schwarzer Kohle und Entwicklung eines stark bituminösen Geruches zersetzt wird. Der Meteorit enthält selbst nach dem Trocknen bei 120 Grad 10,5 Proc. Wasser, welches bei 160 Grad zu entweichen beginnt und erst in der Glühhitze vollständig fortgeht. Wöhler hält es für wahrscheinlich, dass der Meteorit erst nach seinem Falle auf die Erde dieses Wasser aufnahm. Dasselbe gilt auch von dem in ihm enthaltenen Ammoniak.

Am 12. Juni 1840 fiel ein Meteorstein unter Detonationen bei Uden in Nordbrabant, den v. Baumhauer und Seelheim chemisch untersucht haben. Sein specifisches Gewicht ist 3,4025. Die Analyse ergab: A für den magnetischen Theil, B für 55,281 Procent durch Säuren zersetzbares, C für 40,898 durch Säuren unzersetzbares Silicat und D für andere beigemengte Stoffe:

Digitized by Google

A. Magnetkies und Nickeleisen 1,767

	SiO_3	Al_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	KO	NaO	LiO
B.	20,713	—	18,360	0,430	15,490	—	0,288	—	—	—
C.	23,866	4,100	4,049	—	5,177	2,276	—	0,490	0,940	—

D. Chromeisenstein 0,760, Schwefeleisen 0,718.

Im zersetzbaren Silicat ist das Verhältniss des Sauerstoffs von SiO_3: RO = 1 : 1, entsprechend 3 RO, SiO_3 (Olivin), im unzersetzbaren = 2 : 1, entsprechend 3 RO, 2 SiO_3. Dieser Körper wird von den beiden Chemikern für Amphibol, der Thonerdegehalt in Verbindung mit den Alkalien für Albit gehalten.

Am 22. März 1841 fiel ein Meteorit bei Grüneberg in Schlesien; es wurden davon nur zwei Stücke, zusammen $2^2/_3$ Pfund schwer, aufgefunden. Nach Glocker enthält er Magnetkies und ziemlich viel feinvertheiltes metallisches Eisen.

Am 12. Juni 1841 fiel zu Chateau-Renard im Loiret-Departement eine 70 bis 80 Pfund schwere Meteormasse, von trachytähnlichem Aussehen. Die Zusammensetzung des unlöslichen Theiles der Grundmasse besteht nach Rammelsberg's, auf die Analyse von Dufresnoy gestützter Berechnung aus:

Albit	6,31
Hornblende	31,86
Nickeleisen	9,25
Schwefelkies	0,67
Olivin	51,62

Am 2. Juni 1843 ereignete sich bei Utrecht ein Meteorsteinfall, von welchem zwei Steine 14 und $5^1/_2$ Pfund schwer gefunden wurden. Nach v. Baumhauer's Analyse ist die Zusammensetzung folgende:

Nickeleisen	9,14
Schwefeleisen	5,097
Chromeisen	0,941
Olivin	48,013
Albit	11,427
Augit	25,382

Am 16. September 1843 fiel bei ganz klarem Himmel ohne vorausgegangene Bildung einer kleinen Wolke ein sechs Pfund schwerer Meteorit bei Kl. Wenden. Nach Rammelsberg's Analyse ist die Zusammensetzung:

Nickeleisen	22,904
Schwefeleisen	5,615
Chromeisen	1,040
Olivin	38,014
Labrador	12,732
Augit	19,704

Digitized by Google

Am 30. November 1850 fiel bei Shalka in Bangoorah (Ostindien) ein Meteorstein, der nach O. v. Hauer's Analyse bestand aus:

Kieselsäure	57,66
Eisenoxydul	20,65
Calciumoxyd	1,53
Magnesia	19,00
Thonerde: Spuren.	

Haidinger bezeichnet die, die Hauptmasse des Meteorsteins bildende Substanz als Piddingtonit.

Am 4. September 1852 fielen bei Mezö-Madaras in Siebenbürgen nach dem Vorausgehen einer hellen, detonirenden Feuerkugel eine Menge Steine über einen elliptischen Raum von $1^1/_2$ Meilen Länge und $^1/_2$ Meile Breite. Der Meteorit enthält 19,6 Proc. Eisen, 7,4 Nickel, 0,25 Graphit, Kobalt, Phosphor und Einfach-Schwefeleisen.

Der zu Borkut in Ungarn am 13. October 1852 stattgehabte Meteorsteinfall lieferte nach zweimaliger Detonation einen Stein von etwa zwölf Pfund Gewicht, der gleich nach dem Falle einen starken Schwefelgeruch verbreitete. Das Innere des Steins ist aschgrau und feinkörnig mit eingesprengten Körnchen von Olivin und Augit, er besteht aus 18,26 magnetischen und 81,74 nicht magnetischen Theilen.

Am 11. Mai 1855 fiel auf der Insel Oesel unter weithin schallendem Donner ein Meteorit, von dem nur einzelne Bruchstücke aufgefunden worden sind. Sie bestehen aus Olivin, Labrador, Hornblende, Nickel-, Schwefel-, Chrom- und Phosphoreisen.

Am 5. August 1855 fiel bei Petersburg (N. Am.) ein drei Pfund schwerer Stein, der nach L. Smith Olivin, Orthoklas, Nickeleisen und ein schwarzes glänzendes Mineral enthält. Die Gesammtzusammensetzung ist:

Kieselsäure	49,21
Thonerde	11,05
Eisenoxydul	20,41
Calciumoxyd	9,01
Magnesia	8,13
Manganoxydul	0,04
Eisen	0,50
Nickel	Spuren
Phosphor	„
Natriumoxyd	0,82

Am 28. Februar 1857 fiel bei dem Dorfe Pranallee unweit Madura auf der Südspitze Hindustans ein Meteorit, der nach einer Analyse von Cassels 17 Proc. Nickel und 3 Proc. Eisen enthält. Eine qualitative Analyse von A. S. Skott in Madras ergab als Bestandtheile: Eisenoxyd, Eisen, Thonerde, Kieselerde, Magnesia, Kalk, Schwefel, Nickel, Spuren von Kobalt und Chrom.

Digitized by Google

Am 24. März 1858 fiel nach vorausgegangener Explosion ein Stein nieder bei Petrowsk in der Nähe von Stawropol. Er ist 132^{mm} lang, 93^{mm} breit und 66^{mm} hoch; sein specifisches Gewicht schwankt zwischen 3,48 bis 3,71. Nach Abich's Untersuchungen besteht er aus:

Hyalosiderit	45,65
Chrysolit	23,04
Labrador	18,13
Schwefeleisen	2,95
Nickeleisen	10,25

Am 19. Mai 1858 fiel in der Gegend von Kakova bei Oravitza im Temeser Banate ein Meteorstein, der von Harris chemisch untersucht worden ist. Das mit dem Magnete Ausziehbare gab die unter A angeführte Zusammensetzung; für das in dem Steine enthaltene Meteoreisen fand sich die unter B angeführte Zusammensetzung:

	A	B
Eisen	69,81	82,95
Nickel	12,11	14,41
Kobalt	0,91	1,08
Phosphor	0,08	0,12
Kupfer	0,09	0,10
Chromeisenstein	0,65	0,76
Schwefel	Spuren	—
Anhängende Silicate . . .	15,67	—

Am 15. April 1858 fiel bei Kaba südwestlich von Debreczin ein Meteorit von 7½ Pfund Gewicht und sphäroidaler Gestalt. Wöhler hat ihn analysirt und gefunden:

Kohlenstoff	0,58
Eisen.	2,88
Nickel	1,37
Kupfer	0,01
Chromeisenstein . . .	0,89
Magnetkies	3,55
Eisenoxydul	26,20
Magnesia	22,39
Thonerde	5,38
Calciumoxyd	0,66
Kalium	0,30
Manganoxydul	0,05
Kieselsäure.	34,24

ausserdem Kobalt, Phosphor und eine unbekannte Materie in unbestimmbarer Menge. Bei dem Erhitzen des sorgfältig getrockneten, gepulverten Steines in reinem Sauerstoffgas bis zum Glühen, wo Kohlensäure und

Digitized by Google

schwefflige Säure entstanden, zeigte sich auch etwas Wasser und ein weisser Rauch, der sich zu einem weissen, deutlich krystallinischen, in Alkohol löslichen, und bei dem Verdunsten dieser Lösung krystallinisch zurückbleibenden Sublimat verdichtete. Auch durch Ausziehen des Steins mit heissem Alkohol liess sich eine sehr kleine Menge einer farblosen weissen, nicht deutlich krystallinischen Substanz erhalten, die beim Erhitzen in einer Röhre schmolz und dann unter Verkohlung sich zersetzte, beim Erhitzen an der Luft sich in weissen Dämpfen verflüchtigte. Auch noch bei späteren Versuchen mit einer etwas grössern Menge des Meteorsteins konnte sich Wöhler mit Sicherheit überzeugen, dass dieser Meteorit ausser der freien Kohle eine kohlenstoffhaltige Substanz enthält, welche sich mittels siedenden Alkohols ausziehen lässt, leicht schmelzbar ist, mit sogenannten Bergwachsarten (Ozokerit, Scheererit) Aehnlichkeit zu haben scheint und unzweifelhaft organischen Ursprungs, vielleicht nur ein Rest ursprünglich in dem Meteorit enthaltener und im Moment der Feuererscheinung unter Abscheidung von Kohle zersetzter organischer Substanz ist.

In der Nacht vom 10. zum 11. October 1858 fiel bei Ohaba in Siebenbürgen ein Meteorit von 29 Pfund Gewicht, der aus Olivin, Augit, Feldspath, Eisen und Schwefeleisen besteht, und eine specifische Schwere von 3,11 besitzt. Buckeisen's Analyse ergab:

Eisen	21,4
Nickel	1,8
Schwefeleisen	13,14
Kieselsäure	36,6
Magnesia	23,45
Eisenoxydul	1,75
Manganoxydul	0,15
Thonerde	0,28
Kalium und Natrium	0,98
Calcium und Phosphor	Spuren
Chromoxyd	0,56

Am 9. December 1858 fielen aus einem explodirenden Feuermeteor im Canton Montréjau im Departement der obern Garonne zwei Steine, der eine 80 bis 90 Pfund, der andere 20 Pfund schwer. Nach Petit besassen sie eine zwei Linien dicke schwarze Rinde. Diese Meteorsteine sind der Gegenstand zahlreicher chemischer Untersuchungen geworden. Damour glaubt nach seinen Untersuchungen schliessen zu dürfen, dass der Aërolith bestehe aus:

Metallischem und Phosphormetallen	11,60
Magnetkies	3,74
Chromeisenstein	1,83
Olivin	44,83
Augit und Albit	38,00

Digitized by Google

Harris fand in den gepulverten Meteoriten 8,41 Proc. durch den Magnet Ausziehbares und hierfür folgende procentische Zusammensetzung:

Eisen	84,71
Nickel	12,11
Kobalt	0,72
Mangan	0,50
Schwefel	2,14
Phosphor	Spuren

Er bestimmte die Zusammensetzung des nicht magnetischen Antheils wie folgt:

Kieselsäure	42,00
Magnesia	27,39
Eisenoxydul	19,65
Thonerde	2,46
Manganoxydul	0,33
Chromoxyd	0,83
Kalium	0,20
Natrium	1,23
Eisen	2,74
Schwefel	2,09
Kupfer und Zinn	0,26
Nickel	Spuren

Durch Salzsäure wurde dieser Antheil zerlegt in 41,30 Proc. unzersetzbare Silicate (nach Harris' Berechnung bestehend aus 20,12 Proc. Labrador und 77,33 Proc. Augit), 52,74 Proc. zersetzbare Silicate (Eisenoxydul-Magnesia-Olivin), 1,13 Proc. Chromeisenstein und 4,83 Proc. Magnetkies.

Den Stein im Ganzen betrachtet Harris als zusammengesetzt aus:

Nickel und kobalthaltigem Eisen	8,00
Magnetkies	4,83
Chromeisenstein	1,03
Olivin	48,31
Labrador	7,79
Augit	30,04

Am 28. März 1859 explodirte ein Aërolith über Harrison-County im Staate Indiana; man fand vier Fragmente desselben, zwischen 167 Grains und 17 Unzen wiegend. Sie besitzen sämmtlich eine schwarze, glasige Oberfläche und bestehen aus einer im Innern grauen Masse von 3,465 specifischem Gewicht. Aus einem gepulverten Fragmente liessen sich durch den Magnet 4,91 Procent ausziehen; sie ergaben die Zusammensetzung (nach J. L. Smith):

Digitized by Google

Eisen	86,781
Nickel	13,241
Kobalt	0,342
Kupfer	0,036
Phosphor	0,026
Schwefel	0,022

Die von den magnetischen Theilen befreite erdige Masse war zusammengesetzt aus:

Kieselsäure	47,06
Eisenoxydul	26,05
Magnesia	27,61
Thonerde	2,35
Calciumoxyd	0,81
Natriumoxyd	0,42
Kaliumoxyd	0,68
Manganoxyd	Spuren

Der erdige Antheil zeigte sich bei der Behandlung mit Salzsäure bestehend aus 62,49 Proc. Zersetzbarem und 37,51 Proc. nicht Zersetzbarem. Smith hält den Meteoriten im Ganzen zusammengesetzt aus:

Nickelhaltigem Eisen	4,989
Schreibersit	0,009
Magnetkies	0,001
Olivin	61,000
Augit und Albit	34,000

Am 3. Februar 1860, wenige Minuten vor Mittag, fand in der Nähe von Giuliano vecchio bei Alessandria ein Meteorsteinfall statt, dem eine weithin schallende Detonation voraufging. Der Himmel war bewölkt; man sah zwei Steine aus der Luft fallen, fand aber später noch mehrere. Nach der Analyse von Professor Missaghi ist die Zusammensetzung des Meteoriten:

Kieselerde	37,403
Eisen	19,370
Eisenoxyd	12,831
Magnesia	11,176
Thonerde	8,650
Schwefel	3,831
Kalkerde	3,144
Nickel	1,077
Chrom	0,845
Mangan, Kobalt	Spuren

Am 1. Mai 1860 hörte man im südöstlichen Theile von Ohio und dem nordwestlichen von Virginien bald nach Mittag, bei bewölktem Himmel

Digitized by Google

ein heftiges Geräusch. Bei New-Concord vernahm man 32 in Intervallen von einzelnen Secunden sich aufeinander folgende Detonationen, denen ein zwei Minuten andauerndes kleingewehrfeuer-ähnliches Geräusch folgte. Gleichzeitig fielen bei diesem Orte eine Menge von Steinen aus der Luft herab, die eine halbe Stunde nach dem Falle bereits nicht erheblich warm mehr waren. Man sammelte 30 Steine im Gesammtgewichte von etwa 700 Pfund, der grösste wog 103 Pfund. Die Steine besitzen nach Andrews eine schwarze Rinde; die innere Masse ist bläulichgrau und feldspathartig mit glänzenden Punkten von nickelhaltigem Eisen. Nach Johnson ist die schwarze Rinde ein dünner, wie durch Schmelzung entstandener Ueberzug, und in der bläulichweissen innern Masse erkennt man mit Hülfe der Loupe ein schneeweisses und ein anderes weisses sowie ein gelbbraunes Mineral, metallische Körner und schwarze Theilchen. Johnson fand das specifische Gewicht eines Fragmentes = 3,5417 und dessen Zusammensetzung:

Kieselsäure	51,250
Eisenoxydul	25,204
Magnesia	8,873
Thonerde	5,325
Calciumoxyd	0,785
Eisen	8,803
Nickel	2,360
Schwefel	1,184
Chrom	Spuren
Phosphor	„
Wasser	0,035

Im October 1860 fiel bei Lagrange, Oldham County (N. A.), eine Eisenmasse von 112 Pfund. Das specifische Gewicht derselben beträgt 7,85. Chemische Untersuchungen sind nicht bekannt geworden.

Am 2. Juni 1863 fiel auf dem Gute Gross-Buschhof bei Jacobstadt in Kurland unter gewaltigen Detonationen in der Nähe eines Hüterjungen, der erschreckt davon lief, ein Meteorstein nieder, und drang 1,5 Fuss tief in den Boden. Angestellte Nachgrabungen lieferten den Stein zu Tage, der anfangs wohl 13 Pfund schwer gewesen sein mag, von dem aber gegenwärtig nur ein Fragment von 10 Pfund Gewicht vorhanden ist. Ein Beobachter, der sich nordwestlich eine Meile von dem Orte des Niederfalles befand, will 40° über Südost ein leichtes Gewölk gesehen haben, von dem die Explosion ausgegangen sei. Nach der Untersuchung enthält der Stein in 100 Theilen:

einf. Schwefeleisen	5,082
Magnetkeis	0,850
Nickeleisen	5,694
Chromeisen	0,330
Silicate	87,898
Graphit, Zinnsäure	0,146

Digitized by Google

Die Silicate bestehen zu 48,4 Proc. aus Olivin, 32,3 Shepardit, 7,1 aus einem Gemenge von Anorthit und Labrador. Nach einem Berichte von G. Schweder in Riga soll nur das Südende der Magnetnadel angezogen werden, während das Nordende kaum bewegt oder abgestossen wird.

Am 8. August 1863 fielen im Kirchspiele Phillistfer in Livland an verschiedenen Orten eine Anzahl von Meteorsteinen, von denen ein bei Aukoma gefundenes Fragment folgende Zusammensetzung hat. Die Silicate bestehen zu 56,2 Proc. aus einem dem Augit oder Eustatit verwandten, in Säuren unlöslichen Magnesiasilicat; zu 5 Proc. aus einem dem Olivin entsprechenden Silicat von Magnesia und Eisenoxydul und zu etwa 8 Proc. aus einem Gemenge von Anorthit und Labrador. Die Gesammtmenge der Silicate beträgt 68,122, das specifische Gewicht 3,647.

Am 7. December 1863, gegen $11^1/_2$ Uhr Morgens, fiel zu Tourinnes-la-Grosse bei Tirlemont in Belgien unter Detonationen ein Meteorit auf das Strassenpflaster und zerschellte in mehrere Trümmer. Pisani hat die Zusammensetzung desselben chemisch untersucht; sie beträgt im Ganzen:

Eisen	8,67
Schwefelkies	6,06
Chromeisenstein	0,71
Silicate	84,28

Spuren von Nickel, Zinn und Phosphor.

Der Sauerstoff der Säuren und Basen verhält sich im zersetzbaren Theile der Silicate wie im Peridot, im unzersetzbaren Theile wie im Augit.

Am 14. Mai 1864 sah man an vielen Orten des südwestlichen Frankreichs eine geschweifte Feuerkugel, fast von der Grösse des Vollmondes, die unter Donnergetöse zersprang. In der Nähe des Dorfes Orgueil, im Departement Tarn und Garonne, fand man etwa 20 Fragmente des Meteoriten von der Grösse eines Kopfes bis zu der einer Faust. Es lassen sich, nach Leverrier's Berichte, an der schwarzen Rinde solche unterscheiden, die vor der Explosion Individuen waren, und solche, welche Trümmer sind. Dieser Meteorit ist besonders merkwürdig dadurch, dass ein wesentlicher Bestandtheil desselben Kohle ist. Man kennt ausser ihm nur noch drei Meteorite (Alais 1806, Bokkeveld 1838, Kaba 1857), wo ähnliches statthat. Er unterscheidet sich aber von diesen durch seinen grossen Gehalt an Chlorverbindungen. Hätte die Hitze, welche die Schmelzung erzeugte, Zeit gehabt, ins Innere zu dringen, so hätten Salmiak und Wasser entweichen müssen. Nach Cloëz hat man als Zusammensetzung des ganzen Meteoriten:

Magneteisen	20,627
Magnetkies	7,974
Schwefelnickel	3,169
Silicate	45,127
Wasser	7,821
In Wasser lösbare Theile .	6,414

Digitized by Google

Nach dem genannten Chemiker enthält der bei 110° getrocknete Meteorit 7,41 Huminsubstanz, und Pisani fand, damit nahe übereinstimmend, für Wasser und organische Materie 13,89. Bei der Behandlung mit heisser Salzsäure, bleibt die Huminsubstanz, gemengt mit Kieselsäure, ungelöst, und kann von letzterer durch verdünnte Kalilauge befreit werden. Sie enthält nach Cloëz in 100 Theilen:

Kohlenstoff	63,45
Wasserstoff	5,98
Sauerstoff	30,57

Am 30. März 1866, gegen $3^3/_4$ Uhr Morgens, sah man zwischen Mesgrigny und Payns eine hellleuchtende, röthliche Masse, die sich mit ungemeiner Geschwindigkeit am Himmel fortbewegte; an einigen anderen Orten bot sie den Anblick einer geschweiften Feuerkugel von der Grösse des Vollmondes. Kurze Zeit darauf vernahm man drei in Pausen von 1 bis 2 Secunden aufeinander folgende Donnerschläge, denen ein Geräusch wie von Flintenschüssen folgte. Die Feuererscheinung und die Detonation wurden auf einer Linie von $11^1/_2$ deutschen Meilen Länge wahrgenommen.

In St. Mesmin vernahm man darauf ein mächtiges Sausen, das ein Beobachter charakteristisch mit dem Geräusch einer auf den Boden fallenden Bombe verglich. Er suchte in der That nach einem herabgestürzten Körper und fand Abends einen Stein, $8^1/_2$ Pfund schwer, der $8^1/_2$ Zoll in den Boden eingedrungen war. Tags darauf entdeckte man noch einen zweiten von $4^1/_2$ Pfund und am 1. Juni einen dritten von $2^3/_4$ Pfund. Dieser letztere besitzt keine zusammenhängende schwarze Kruste, sondern ist an einer Seite fast gänzlich ohne eine solche. Pisani's Analyse gibt folgende Zusammensetzung:

Silicium	38,10
Aluminium	3,00
Magnesium	25,64
Eisenoxyd	17,21
Manganoxyd	Spuren
Kalium und Natrium . . .	3,13
Kalk	1,09
Eisen	4,94
Nickel	0,72
Schwefeleisen	2,99
Chromeisen	2,18

Am 9. Juni 1867 erblickte man in vielen Ortschaften Algiers zwischen 10 und 11 Uhr Abends am Himmel ein plötzliches Licht, dem eine starke Detonation folgte. Zu Tadjera, nahe bei Guidjell, wuchs das Licht so sehr an, dass die ganze Gegend taghell erleuchtet wurde. Man sah einen leuchtenden Körper vom Himmel herabfallen, ehe er jedoch die Erde berührte, zerstob er in helle Fragmente. In diesem Augenblicke

Digitized by Google

vernahm man auch die Detonation. Ein Fragment des Aërolithen hat beim Anprallen gegen die Erde eine etwa 1000 Meter lange Furche im Boden erzeugt, etwas, was bei solchen Gelegenheiten bis dahin noch niemals beobachtet worden war. Das grösste Stück des Meteoriten wiegt 5,76 Kilogramm, seine Bruchfläche zeigt eine gleichmässig schwarze Farbe, hier und da von metallisch glänzenden Körnern aus Schwefeleisen und Nickeleisen unterbrochen. Das Meteor zeichnet sich ferner durch das Fehlen der gewöhnlichen schwarzen Rinde aus, welches wahrscheinlich durch den sehr geringen Grad der Schmelzbarkeit dieses Aërolithen bedingt wurde. „Es ist daher," bemerkt Daubrée, „möglich, die obere Temperaturgrenze zu bestimmen, bei welcher die Krustenbildung der Meteore erfolgt. Eine Untersuchung des Schmelzpunktes ergab, dass das Meteor von Tadjera einer Temperatur widersteht, bei der Feldspath und Augit schmelzen, dass es aber bei der Temperatur des schmelzenden Eisens leicht schmilzt."

Am 30. Januar 1868 gegen 7 Uhr Abends wurde in Ostpreussen und Polen eine Feuerkugel gesehen, die bei ihrer mit Donnergetöse erfolgenden Explosion in der Nähe von Pultusk einen Regen von Meteorsteinen niedersandte, der zu den bedeutendsten Phänomenen dieser Art gehört. Die Feuerkugel wurde gleichzeitig gesehen: in Tilsit, am Harze, in Mähren und im Innern Russlands. Die aufgefundenen Steine sind mit einer matten, ziemlich dicken schwarzen Rinde überzogen, in welcher reichlich feine glänzende Eisenkörnchen eingebettet sind. Auch die ihrer Hauptsache nach hellgraue Grundmasse ist sehr reich an fein vertheiltem Eisen und wird das specifische Gewicht dadurch beträchtlich. Gelbes Schwefeleisen ist ebenfalls reichlich, aber weit feiner darin vertheilt.

Am 29. Februar 1868 hörte man gegen 11 Uhr Morgens bei Casala und Alexandria in Norditalien eine heftige Detonation, nachdem man vorher einen von einer Wolke umgebenen Körper sehr schnell durch die Lüfte ziehen sah. Es wurden drei Fragmente eines Aërolithen, zusammen im Gewichte von 9 Kilogramm, aufgefunden. Sie sind mit einer schwarzen Rinde überzogen, sehr magnetisch, von weisslicher Farbe, körnigem Bruche und hohem specifischen Gewichte. Ihr Anblick gleicht fast demjenigen eines feinkörnigen Granits.

Am 22. Mai 1868 $10^1/_2$ Uhr fielen zu Slavetiz bei Agram in Croatien verschiedene Meteorsteine herab. Es wurde indess nur einer davon aufgefunden, dessen specifisches Gewicht 3,754 beträgt und der nach Haidinger bei gleicher Beschaffenheit wie die Aërolithen von Pultusk eine ausgezeichnete meteoritische Tuffstructur besitzt.

Am 7. September 1868 Morgens $2^1/_2$ Uhr erschien zu Sanguis-Etienne (im Departement Basses Pyrénées) eine geschweifte Feuerkugel von blassgrüner Farbe, die unter Donnergetöse explodirte und einen Meteorstein herniedersandte. Derselbe ist von weisser Farbe, mit matter schwarzer Rinde von fast 1 Millimeter Dicke und von feinen Adern durchzogen. Sein specifisches Gewicht beträgt nach S. Meunier 3,369. Der Magnet

Digitized by Google

zieht aus der gepulverten Masse nur etwa 8 Proc. einer Verbindung von 7,5 Eisen und 0,5 Nickel an. Der Antheil von löslichen Silicaten beträgt 65,909, von unlöslichen 23,571, von Schwefel 3,044 Proc. Der Stein sieht demjenigen von Casala täuschend ähnlich, so dass selbst ein geübtes Auge beide Meteorite nicht von einander zu unterscheiden vermag.

Die im Vorstehenden mitgetheilten Analysen der aus irgend einem Grunde bemerkenswertheren Meteoritenfälle zeigen neben dem sehr selten fehlenden Nickelgehalte ein beträchtliches Vorherrschen oder Zurücktreten des Eisens, dessen grösserer oder geringerer Gehalt den Aërolithen als Meteoreisen oder Steinmeteoriten charakterisirt. Die nachfolgende Zusammenstellung sämmtlicher bis jetzt mit Sicherheit constatirter Meteoritenfälle weist nur acht Beispiele von Eisenmeteoriten auf. Dagegen gibt es eine bedeutende Anzahl von Eisenmassen, deren ganzer äusserer Habitus und deren chemische Constitution auf meteorischen Ursprung hindeuten, während das eigentliche Herabfallen derselben nicht beobachtet oder doch wenigstens bekannt geworden ist. Es ist hier nicht der Ort, ein Verzeichniss dieser bis jetzt entdeckten Massen zu geben, wohl aber die Frage zu discutiren: Gibt es untrügliche Kennzeichen für die meteorische Natur jener Gebilde, oder kann solche nur mit grösserer oder geringerer Sicherheit vermuthet werden? Streng genommen muss eigentlich der letztere Theil dieser Frage bejaht werden. Obgleich tellurisches gediegenes Eisen sich nur als grosse Seltenheit an einzelnen Orten (Minas Geraës, Clermont-Ferrand, Guilford) findet, so können doch manche der aufgefundenen Massen Kunstproducte sein, wie z. B. die Masse von Wolfsmühle bei Thorn, die Karsten für meteorischen Ursprungs erklärte, nach Rose's Untersuchungen nur Kunstproduct ist. Ein sicheres Kriterium würde der Nickelgehalt bilden, allein es zeigen doch auch einzelne wenige Meteormassen keine nachweisbare Legirung von Nickel und Eisen.

Beiläufig muss hier noch der 1814 bei Lenarto in Ungarn aufgefundenen meteorischen Eisenmasse gedacht werden, die durch die neuesten Untersuchungen von Graham eine so grosse Berühmtheit erlangt hat. Dieser Gelehrte fand, dass ein Fragment jener Eisenmasse sein dreifaches Volum Gas eingeschlossen hielt, das aus 86 Proc. Wasserstoff und $4\frac{1}{2}$ Proc. Kohlenoxydgas bestand. Auch auf künstlichem Wege gelang es Graham, gewöhnlichem Eisen sein dreifaches Volum Gas beizubringen, aber niemals konnte dessen Wasserstoffgehalt über 35 Proc. erhöht werden. Es berechtigt alles zu der Vermuthung, dass das Meteoreisen von Lenarto seinen Wasserstoffgehalt in einem Theile des Weltraumes erhalten haben muss, der den Wasserstoff unter einem bedeutendern Drucke, als derjenige unserer Atmosphäre ist, enthält.

Im Jahre 1808 entdeckte v. Widmanstätten, dass abgeschliffene Stellen von Meteoreisen, sobald sie mit Salpetersäure geätzt werden, eigen-

Digitized by Google

thümliche, unter verschiedenen Winkeln sich schneidende Linien zum Vorschein treten lassen, und die Entdeckung dieser „Widmanstätt'schen Figuren" schien für den ersten Augenblick ein untrügliches Kennzeichen meteorischer Massen abgeben zu können. Die Beweiskraft ist indess nur eine positive, keine negative, indem in den Fällen, wo die bezeichneten Figuren sichtbar werden, die behandelte Masse zwar unzweifelhaft meteorischen Ursprungs ist, während indess ein Nichthervortreten derselben keinen Schluss auf tellurischen Ursprung gestattet, indem selbst bei nachweislichen Meteoriten in einzelnen Fällen keine Figuren hervortreten.

Nach Gustav Rose sind bis jetzt folgende Mineralien in den Meteoriten aufgefunden worden:

1) Meteoreisen, gediegenes Eisen, das etwas nickelhaltig, hexaëdrisch, stahlgrau, metallglänzend, spaltbar ist.
2) Tänit, ein etwas nickelhaltigeres Eisen als das vorhergenannte.
3) Schreibersit, eine eigenthümliche, schon von Berzelius bemerkte Verbindung von Phosphor, Nickel und Eisen.
4) Rhabdit, ein Phosphornickeleisen ähnlich wie Nro. 3.
5) Graphit.
6) Trollit oder Einfachschwefeleisen, wie die Analyse zeigte.
7) Magnetkies.
8) Chromeisenerz.
9) Quarz.
10) Olivin, derb und krystallisirt.
11) Shepardit.
12) Augit
13) Anorthit.

Rose hat ferner 1863 eine Eintheilung der Meteorite versucht, die aber noch Vieles zu wünschen übrig lässt. Nach diesem Chemiker zerfallen die Aërolithe in:

I. Eisenmeteorite. a) Meteoreisen (Nickeleisen) b) Pallasit, d. h. Meteoreisen, worin Olivinkrystalle porphyrartig eingewachsen sind. c) Mesosiderit, ein körniges Gemenge von Meteoreisen und Magnetkies mit Olivin und Augit. Es steht, wie schon der Name andeutet, in der Mitte zwischen den Eisen- und Steinmeteoriten.

II. Steinmeteorite. 1) Chondrit, durch kleine, aus einem Magnesiasilicat bestehende Kugeln ausgezeichnet, die einem feinkörnigem Gemenge von Olivin und Chromkies eingewachsen sind. 2) Howardit, ein feinkörniges Gemenge von Olivin und einem weissen Silicate mit einer geringen Menge von Chrom- und Nickeleisen. 3) Chassignit, kleinkörniger, eisenreicher Olivin mit einigen Chromeisenerzkörnern. 4) Chladnit, ein Gemenge von Shepardit mit einem thonerdehaltigen Silicate nebst geringen Mengen von Nickeleisen und Magnetkies. 5) Shalkit, ein körniges Gemenge von meist Olivin mit Shepardit und Chromeisenerz. 6) Die kohlehaltenden Meteorite. 7) Eukrit, ein körniges Gemenge von

Digitized by Google

Augit und Anorthit, mit etwas Magnetkies, Nickeleisen und gelegentlich auch Olivin.

Der Vergleich der Meteorite mit den alten tellurischen Gebilden zeigt jene von diesen ganz verschieden, bis auf den Eukrit, aber die tellurischen Eukrite sind grobkörniger als die meteorischen. Während erstere zu der Grünsteingruppe gehören, kommen diese mit der Basaltgruppe überein, mit deren Gesteinen sich überhaupt nur die Meteorite vergleichen lassen. Sie kommen mit diesen überein in der meist körnigen Structur, dem gänzlichen Mangel freier und der verhältnissmässig geringen Menge gebundener Kieselsäure, sowie der Häufigkeit des Olivins. Dagegen unterscheiden sie sich wesentlich durch das metallische nickelhaltige Eisen, die geringen Mengen von Silicaten mit Thonerde und Alkali und durch die Abwesenheit des in den neueren vulcanischen Gebirgsarten so verbreiteten Magneteisenerzes.

Daubrée geht bei seiner Eintheilung von der Ansicht aus, dass das metallische Eisen, welches fast allen Meteoriten zukommt, die natürlichste Grundlage für die Classification abgebe. Er nennt daher Sideriten alle Meteorite, welche metallisches Eisen enthalten, Asideriten aber diejenigen, bei welchen dasselbe fehlt. Die Sideriten zerfallen in: a) Holosideren, ohne dem blossen Auge wahrnehmbare erdigen Bestandtheile; b) Syssideren mit schwammiger Textur des Eisens; c) Sporadosideren, bei denen das Eisen in Gestalt von grösseren oder kleineren Körnchen durch die ganze Gesteinsmasse vertheilt ist. Diese Abtheilung, welche die grösste Anzahl der bekannten Meteorite umfasst, hat Daubrée zur Erleichterung der Uebersicht in drei weitere Classen getrennt, in Polysideren, Oligosideren und Kryptosideren, je nachdem das Eisen vorherrscht, oder in geringer Menge oder endlich in unentschiedenem Verhältnisse vorhanden ist. Die Abtheilung der Asideren entspricht den Asideriten, welche durchaus kein metallisches Eisen enthalten. Folgendes ist eine übersichtliche Zusammenstellung der Daubrée'schen Eintheilung:

1. Sideriten.

a) Holosideren	(Dichte 7,0 bis 8,0)		
b) Syssideren	(„ 7,5 „ 8,5)	Polysideren	(Dichte 6,5 bis 7,0)
c) Sporadosideren	(„ 3,0 „ 7,0)	Oligosideren	(„ 3,1 „ 3,8)
		Kryptosideren	(„ 3,0 „ 3,5)

2. Asideriten.

d) Asideren (Dichte 1,9 bis 3,0)

Die Daubrée'sche Eintheilung empfiehlt sich gegenüber den früheren Versuchen durch Einfachheit und Klarheit. Während letztere zu sehr in Specialitäten eingehen und dadurch eine Menge Unterabtheilungen von nichts weniger als scharfen Abgrenzungen entstehen, hält das System des berühmten französischen Forschers streng Maass und sucht nichts in die Natur hineinzutragen, was ihr durchaus fremd ist.

Digitized by Google

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit
(Zum Theil nach G. von Boguslawski.)

Januar			**Februar**		
26.	1496	Cesena (Italien)	15.	1830	Bicester
9.	1583	Abruzzen (Italien)	13.	1839	Little-Piney (Missouri)
10.	1622	Devonshire (England)	25.	1841	Chanteloup (Frankreich) (Soll Feuersbrunst erregt haben)
31.	1686	Raudten (Schlesien)			
2.	1690	Jena	25.	1847	Linn (Jowa)
13.	1697	Siena (Italien)	15.	1848	Hindostan
?	1776	Italien	23.	1852	„
4.	1796	Belaja Zerkwa (Russland)	10.	1853	Girgenti (Sicilien)
21.	1803	Schlesien. (Sternschnuppenmaterie?)	28.	1857	Pranallee (Hindostan)
7.	1810	Caswell (Nord-Amerika)	2.	1860	Alessandria (Piemont)
13.	1824	Arenazzo (Italien)	14.	1861	Tocané St. Apré (Frankr
16.	1825	Hindostan	29.	1868	Villeneuve (Nord-Italien
18.	1835	Löbau (Lausitz)	**März**		
31.	1836	Mascombes (Frankreich)	28.	?	Italien
15.	1837	Ungarn	8.	1138	Mosul (Arabien)
2.	1838		22.	1491	Crema (Italien)
29.	1838	Kau (Kgrch Oude)	2.	1583	Piemont
2.	1839		1.	1596	Ferrara
16.	1846	Frankreich. (Dies Meteor soll eine Feuersbrunst erregt haben)	6.	1636	Sagan (Schlesien)
			30.	1654	Fünen
23.	1852	Nellore, Madras (Ostind.)	24.	1718	Insel Lethy
30.	1868	Pultusk (Russland)	12.	1731	England
1.	1869	Upsala (Schweden)	8.	1796	Oberlausitz
Februar			12.	1798	Sales (Frankreich)
18.	1647	Zwickau (Sachsen)	25.	1805	Doroninsk (Sibirien)
27.	1671	Ortenau (Schwaben)	15.	1806	Alais (Frankreich)
6.	1678	Frankfurt a. M.	13.	1807	Timochin (Russland)
19.	1785	Eichstädt (Deutschland)	12.	1811	Pultawa (Russland)
19.	1796	Portugal	8.	1813	Brünn
3.	1814	Russland	14.	1813	Calabrien
18.	1815	Hindostan	5.	1821	Pommern
18.	1824	Irkutsk (Sibirien)	15.	1826	Lugano (Italien)
10.	1825	Nanjemoy (Maryland)	22.	1841	Grünberg (Schlesien)
27.	1827	Hindostan	?	1843	Bishopville (S. Carolina)

Digitized by Google

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit. (Zum Theil nach G. von Boguslawski.) Fortsetzung.

März		
22.	1846	Frankreich. (Soll Feuersbrunst erregt haben)
6.	1853	Segowlee (Ostindien)
6.	1853	Duruma (Ostafrika)
24.	1857	Stawropol (Russland)
26.	1859	Harrison county (Nord-Amerika)
28.	1860	Kherapur (Ostindien)
April		
28.	1540	Frankreich
17.	1621	Hindostan
9.	1628	England
11.	1715	Pommern
11.	1780	Breston (England)
13.	1795	Ceylon
26.	1803	L'Aigle (Frankreich)
5.	1804	Schottland
19.	1808	Parma
10.	1812	Toulouse
13.	1812	Erxleben (Deutschland)
11.	1818	Volhynien
26.	1842	Milena (Croatien)
9.	1844	Killeter (Irland)
17.	1851	Gütersloh (Westfalen)
1.	1857	Heredia (Costarica)
15.	1857	Kaba (Ungarn)
Mai		
*	1164	Sachsen. Eisenmasse
26.	1379	Hannover
?	1520	Aragonien
19.	1552	Schleusingen (Deutschl.)
17.	1561	Torgau
27.	1580	Göttingen
28.	1677	Sachsen
18.	1680	London
19.	1698	Bern
Mai		
21.	1737	Adriatisches Meer
26. *	1751	Agram. Eisenmasse
17.	1791	Toscana
17.	1806	England
22.	1808	Stannern (Mähren)
22.	1820	Ungarn
14.	1824	Irkutsk (Sibirien)
12. *	1825	England. Eisenmasse
19.	1826	Sibirien
9.	1827	Nashville (Tennesse)
?	1828	Russland
8.	1829	Forsyth (Georgia)
5.	1837	Massachusetts
8.	1846	Macerata (Italien)
20.	1848	Cestine (Maine)
13.	1855	Bremervörde (Hannover)
13.	1855	Insel Oesel (Russland)
19.	1858	Kakowa (Ungarn)
1.	1860	New Concord (Ohio)
12.	1861	Gorukpore (Oberbengal.)
14.	1861	Canellas (Spanien)
14.	1864	Orgueil (Frankreich)
30.	1866	Frankreich
22.	1868	Slavetiz (Croatien)
5.	1869	Krähenberg (Rheinpfalz)
Juni		
29.	1528	Augsburg
19.	1668	Verona (Italien)
7.	1706	Larissa (Griechenland)
5.	1722	Freisingen (Deutschland)
22.	1723	Pleskowitz (Böhmen)
13.	1759	Frankreich. (Soll Feuersbrunst erregt haben?)
16.	1794	Siena
?	1805	Konstantinopel

Digitized by Google

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit. (Zum Theil nach G. von Boguslawski.) Fortsetzung.

Juni			**Juli**		
17.	1809	Meer: 75° 25′ westl. Länge und 30° 58′ nördl. Breite	?	1755	Italien
?	1809	Oberpfalz	?	1766	Italien
?	1818	Seres (Macedonien)	?	1782	Piemont
13.	1819	Jonzac (Frankreich)	24.	1790	Barbaton (Frankreich)
30.	1820	Lixna (Litthauen)	4.	1803	East Norton (England)
15.	1825	Juvenas (Frankreich)	?	1810	Hindostan
3.	1822	Angers (Frankreich)	8.	1811	Burgos (Spanien)
13.	1822	Christiania (bituminöse Masse)	19.	1820	Kurland
17.	1822	Catania (Sicilien. Soll Feuersbrunst erregt haben?)	19.	1822	Hamburg (Feuersbrunst?)
4.	1828	Richmond (Virginien)	18.	1831	Vouillé (Frankreich)
12.	1834	Hindostan	16.	1833	Sibirien
12.	1840	Uden (Belgien)	13. *	1835	Tennessee (Eisenmasse)
12.	1841	Chateau-Renard (Frankr.)	24.	1837	Ungarn
4.	1842	Aumière (Frankreich)	17.	1840	Italien
2.	1843	Blaauw-Kapel (Holland)	17.	1841	Italien
7.	1846	Darmstadt (Deutschland)	26.	1843	Hindostan
7.	1855	Denis-Westrem (Belgien)	?	1846	Richland (St. Carolina)
9.	1860	Raghoe (Irland)	14. *	1847	Braunau (Böhmen). Eisenmasse
16.	1860	Kusiali (Ostindien)	8.	1852	?
16.	1861	Grosnja (Kaukasus)	2.	1854	Strehla
2.	1862	Buschhof (Russland)	29.	1854	Gera
9.	1866	Kniahynia (Ungarn)	31.	1859	Montpreis (Steyermark)
18.	1866	St. Mesmin (Frankreich)	14.	1860	Dhurmsala (Hindostan)
9.	1867	Tadjera (Algier)	**August**		
Juli			?	1021	Afrika
?	852	Arabien	?	1618	Steyermark
8.	1186	Mons (Belgien)	4.	1642	Suffolk (England)
?	1198	Frankreich	?	1647	Westfalen
26.	1249	Quedlinburg	6.	1650	Holland
26.	1581	Thüringen	13.	1785	Frankfurt a. M. (Feuersbrunst?)
7.	1635	Italien	27.	1792	Peru (Meteorstaub)
3.	1753	Tabor (Böhmen)	?	1810	Tipperary (Irland)
			5.	1812	Chantonnay (Frankreich)

Digitized by Google

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit. (Zum Theil nach G. von Boguslawski.) Fortsetzung.

August			Septmb.		
10.	1818	Smolensk (Russland)	9.	1829	Krasno-Ugal (Russland)
13.	1819	Massachusetts (Sternschnuppenmaterie?)	9.	1831	Wessely (Mähren)
6.	1820	Ovelgönne (Finnland)	6.	1835	Gotha (Sternschnuppenmaterie?)
7.	1822	Persien	18.	1836	Italien
7.	1823	Noblebarough (Maine)	16.	1843	Kl. Wenden (Deutschland)
23.	1824	Buenos Ayres (Meteorstaub?)	4.	1852	Mezö-Madaras (Siebenbürgen)
?	1826	Frankreich	4.	1854	Fehrbellin
?	1827	China	7.	1868	Sauguis (Süd-Frankreich)
?	1828	Allport (England)	October		
14.	1829	New Jersey (N.-Amerika)	1.	1304	Deutschland
?	1837	Frankreich	27.	1634	Charlerois (Frankreich)
10.	1841	Iwan (Russland)	6.	1674	Glarus (Schweiz)
5.	1842	England	18.	1738	Avignon (Frankreich)
6.	1843	Rheine (Westfalen)	11.	1750	Coutances (Frankreich)
10.*	1846	Down (Irland). Eisenmasse	25.	1770	Hasargrad (Türkei)
5.	1855	Petersburg (Tennessee)	1.	1787	Charkow (Russland)
8.	1862	Pilistfer (Russland)	20.	1791	England
8.	1863	Unakfer	8.	1803	Apt (Frankreich)
10.	1864	Cykladen	3.	1815	Chassigny (Frankreich)
25.	1865	Algier	31.	1818	Bukarest
Septmb.			13.	1819	Köstritz (Deutschland)
4.	1511	Crema (Italien)	14.	1824	Beraun (Böhmen)
?	1753	Liponas (Frankreich)	20.	1824	Sterlitamansk (Russland)
13.	1768	Luce (Frankreich)	8.	1827	Bialystok (Russland)
19.	1775	Koburg (Deutschland)	13.	1838	Cold Bockefeld (S.-Afrika)
?	1802	Schottland	21.	1844	Layssac (Frankreich)
3.	1808	Lissa (Böhmen)	?	1846	New Concord (Nord-Amerika)
10.	1813	Irland	31.	1849	Charlottetown (N.-Am.)
5.	1814	Agen (Frankreich)	13.	1852	Borkut, Marmaros (Ung.)
10.	1822	Karlstadt (Schweden)	10.	1857	Ohaba (Siebenbürgen)
13.	1822	Epinal (Frankreich)	?*	1860	Oldham county. Eisenmasse
27.	1825	Sandwich-Inseln	7.	1861	Menow (Meklenburg-Str.)
?	1826	Waterville (Maine)			

Digitized by Google

Tafel der niedergefallenen Meteorite mit genau bekannter Fallzeit. (Zum Theil nach G. von Boguslawski.) Schluss.

Novemb.			Novemb.		
7.	1492	Ensisheim (Elsass)	5.	1851	Nulles (Spanien)
25.	1557	Italien	12.	1856	Trenzano (Lombardei)
29.	1637	Provence	Decemb.		
11.	1761	Chamblons (Frankreich. Feuersbrunst?)	?	856	Aegypten
20.	1768	Maurkirchen (Bayern)	24.	1560	Frankreich (Feuersbr.?)
17.	1773	Sigena (Spanien)	3.	1586	Verden
?	1805	Ahio (Korsika)	12.	1642	Ungarn
23.	1810	Charsonsville (Frankr.)	24.	1704	Barcelona (Spanien)
28.	1810	Cerigo	13.	1795	Yorkshire (England)
5.	1814	Hindostan	13.	1798	Bengalen
30.	1822	Hindostan	13.	1803	Mässing (Bayern)
19.	1829	Böhmen (Sternschnuppenmaterie?)	14.	1807	Weston (Connecticut)
12.	1833	Nord-Amerika (Sternschnuppenmaterie?)	13.	1813	Lontalax (Finnland)
25.	1833	Blansko (Mähren)	17.	1824	Neuhaus (Böhmen)
?	1833	Hindostan	8.	1826	Zug (Schweiz)
13.	1835	Simonod (Frankreich)	19.	1832	England
11.	1836	Brasilien	15.	1834	Sibirien
22.	1836	Schlesien	5.*	1842	Epinal (Frankreich) Eisenmasse
?	1839	Mexiko	25.	1846	Schöneberg (Bayern)
20.	1839	Neapel	8.	1847	Arkansas (Nord-Amerika)
5.	1841	Bourbon (Frankreich)	27.	1848	Schie (Norwegen)
30.	1842	Hindostan	27.	1857	Pegu (Asien)
10. (12.)	1843	Auf der Donau	9.	1858	Ausson (Frankreich)
11.	1846	England oder Nord-Amerika (Feuerkugelmaterie?)	1.	1863	Jagly (Trapezunt)
			7.	1863	Tourinnes-la-Grosse (Belgien)
13.	1849	Tripolis (Afrika)	22.	1863	Manbhoom (Bengalen)
30.	1850	Schalka (Boncoora)	4.	1864	Tarnaki (Neuseeland)

Was die Vertheilung der Meteorsteinfälle in der täglichen Periode anbelangt, so ergibt sich aus Haidinger's Zusammenstellung der Localstunden von 178 Meteoritenfällen Folgendes, wenn die Stunden von Mittag zu Mittag gezählt werden:

Digitized by Google

Tagesstunde	Zahl der Meteoritenfälle	Tagesstunde	Zahl der Meteoritenfälle
0 — 1	9	12 — 13	1
1 — 2	11	13 — 14	3
2 — 3	11	14 — 15	2
3 — 4	19	15 — 16	2
4 — 5	18	16 — 17	4
5 — 6	9	17 — 18	5
6 — 7	6	18 — 19	4
7 — 8	10	19 — 20	13
8 — 9	5	20 — 21	5
9 — 10	1	21 — 22	7
10 — 11	0	22 — 23	5
11 — 12	5	23 — 24	23
von 0 — 12	104	von 12 — 24	74

Die Anzahl der Nachmittagsfälle ist fast um 40 Procent grösser als diejenige der Vormittagsfälle. Schon 1860 äusserte Haidinger: „Wenn es wahr ist, dass mehr aërolithische Fälle bei Tage vorkommen als bei Nacht, sollte es scheinen, dass die Erde mehr in der Lage ist, solchen Körpern in ihren Bahnen zu begegnen, wenn sie sich von der Sonne entfernen, indem diejenige Seite, welche der Sonne entgegengesetzt ist, natürlich die wahrscheinlichste ist, die mit denselben in Berührung kommen kann.“

Wenn auch die Meteoritenfälle von Umständen begleitet sind, welche bei Tage wie bei Nacht die höchste Aufmerksamkeit erregen müssen, so sind leider! die Angaben über die genaue Zeit des Niederfalles meist so widersprechend, dass Zusammenstellungen wie die obige von Haidinger immer sehr unsichere Elemente umschliessen. —

Seit den frühesten Wahrnehmungen der donnernd und feurig herniederstürzenden Aërolithen hat sich der grübelnde Verstand bemüht, die wahre Natur und Ursache dieser befremdenden Erscheinung zu ergründen. Es bietet die Geschichte der Wissenschaft wenig Beispiele, dass, wie bei den Feuermeteoren, die ältesten Ansichten die richtigeren waren und dass man erst nach Jahrtausenden wieder darauf zurückkam.

Diogenes von Apollonia lehrte, dass sich zugleich mit den sichtbaren Sternen auch unsichtbare durch den Raum bewegen, welche unter gewissen Umständen auf die Erde herabstürzen. Eine andere damals verbreitete Meinung war, die Meteorsteine kämen aus der Sonne, während Aristoteles sie einfach als Steine betrachtet wissen wollte, die

Digitized by Google

zufällig von heftigen Winden in die Höhe gewirbelt worden seien. Dagegen sagt im Mittelalter Paracelsus: „Worauss fallen die Stein? vom Himmel, nicht dass sie hinaufkommen oder aufgehoben werden von der Erde in die Luft. Fallt herab Stein, Eisen u. s. w., so ist aus der Sonne oder desselbigen Planeten, derselbe gebierts in ihm und in ihm liegt das, als die Eigenschaft solcher Dingen aufweiset.“ Die Idee, dass die Aërolithen Mondsteine sein könnten, scheint zuerst, wie Chladni aufgefunden hat, von dem Italiener Paolo Maria Terzago 1660 gelegentlich des Steinfalles bei Mailand ausgesprochen worden zu sein. Humboldt bemerkt, dass, nach der Versicherung von Andreo de Nerciat, man gegenwärtig noch in Syrien bei hellen Mondscheinnächten Steinfälle besorgt. Auf Grund einer Höhenbestimmung der Feuerkugel vom 31. März 1676 behauptete Montanari deren kosmischen Ursprung, und aus ähnlichen Gründen sprachen sich auch Halley und Maskelyne entschieden dahin aus, dass die Meteormassen aus dem allgemeinen Weltraume zu uns gelangen. Allein diese Ansichten fanden bei dem wenig zahlreichen wissenschaftlichen Publicum von damals nur geringe Beachtung, und seltsamer Weise begann man sogar, die Pariser Akademie vorauf, gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts die Wirklichkeit der Meteoritenfälle geradezu abzuleugnen. Der Geschichtsschreiber dieser in mannigfacher Hinsicht so überaus merkwürdigen Epoche der physikalischen Wissenschaft, darf jedoch keineswegs übersehen, dass es hauptsächlich die wissenschaftlichen Corporationen waren, welche in so wenig wissenschaftlicher Weise ihre Zweifel der von Tausenden beobachteten Erscheinung entgegenstemmten. Beweise hierfür findet man in einzelnen Berichten über stattgehabte Meteorsteinfälle, wie z. B. in der ausgezeichneten Darstellung des Aërolithenfalles von Juillac. Lichtenberg sprach von den Meteoriten wie von einem elektrischen Meteore, und als Chladni 1792 den Göttinger Gelehrten besuchte und auf das Unstatthafte dieses Erklärungsversuches hinwies, äusserte Lichtenberg: man wisse eigentlich nicht genau, was man aus den Feuerkugeln machen solle, vielleicht dürften sie gar nicht einmal tellurischen, sondern kosmischen Ursprunges sein, ähnlich den Kometen, die man auch anfänglich für Producte der irdischen Atmosphäre gehalten habe. Durch diese Unterhaltung aufmerksam gemacht, beschloss Chladni den Aërolithen eine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden und blieb noch drei Wochen in Göttingen, um in der dortigen Bibliothek so viele Nachrichten über Feuermeteore zu sammeln, als deren aufzutreiben seien. Als Resultat dieser Forschungen erschien 1794 die berühmte Abhandlung: „Ueber den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen.“ In dieser Schrift behauptet der Entdecker der Klangfiguren mit voller Zuversicht das Herabfallen von Meteorsteinen auf den Erdboden, nachdem jene Massen in die Nähe unseres Planeten gekommen sind. „Es sind,“ sagt er, „viele in kleinere Massen angehäufte grobe Materien, ohne mit einem grössern Weltkörper in Verbindung zu stehen, in dem

Digitized by Google

allgemeinen Weltraum zerstreut, in welchem sie sich, durch Wurfkräfte und Anziehung getrieben, so lange fortbewegen, bis sie etwa einmal der Erde oder einem andern Weltkörper nahe kommen und, von dessen Anziehungskraft ergriffen, darauf niederfallen. Durch ihre äusserst schnelle und vermöge der Anziehungskraft der Erde noch beschleunigte Bewegung muss nothwendig wegen der heftigen Reibung in der Atmosphäre eine sehr starke Elektricität und Hitze erregt werden, wodurch sie in einen brennenden und geschmolzenen Zustand gerathen und eine Menge Dünste und Luftarten sich darin entwickeln, welche die Masse zu einer ungeheuren Grösse aufblähen, bis sie endlich bei einer noch stärkern Entwicklung solcher elastischen Flüssigkeiten zerspringen muss." Chladni's Darlegungen, weit entfernt, die Leugner der Meteoritenfälle zu überzeugen, fachten nur den Widerstand um so mehr an, besonders in Frankreich; doch gehört es nicht hierhin, in dieser Beziehung weiter bei Einzelheiten zu verweilen. Im Jahre 1802 erklärte sich auch Howard bestimmt dafür, dass Steine auf die Erde herabfielen; aber noch im folgenden Jahre fürchtete Klaproth die Veröffentlichung seiner Analyse des Steines von Siena, „weil dadurch ein gelehrter Streit entstehen könne, da man noch zu sehr geneigt sei, das Factum für ein Märchen zu halten". Ein Vierteljahr später ereignete sich der berühmte Steinfall von l'Aigle, und auf Leblond's Bericht beschloss die Pariser Akademie, vorzugsweise durch Fourcroy angeregt, das angebliche Factum durch eines ihrer Mitglieder untersuchen zu lassen. Biot, der sich in Folge dessen an Ort und Stelle begab, fand alles so bestätigt wie die eingelaufenen Berichte ausgesagt. Nachdem solcher Art die Thatsache ausser Zweifel gestellt war, beeilte man sich, eine Menge von Hypothesen darüber aufzustellen, von denen schliesslich diejenige in Frankreich die Oberhand behielt, nach welcher die Meteorsteine Auswürflinge von Mondvulcanen wären. Auch Olbers schloss sich dieser Hypothese an. Poisson's Rechnungen zufolge gehört eine Anfangsgeschwindigkeit von 7123 Fuss dazu, um einen Stein aus dem Bereiche der Mondattraction in die Anziehungssphäre der Erde zu schleudern; Biot fand dafür 7771, Olbers 7780 Fuss. Indessen reichen solche Anfangsgeschwindigkeiten, wie schon Olbers frühzeitig bemerkte, nicht hin, die wirkliche beobachtete Schnelligkeit der meisten Meteorite zu erklären. Nimmt man eine wahre Geschwindigkeit von 5 geographischen Meilen in der Secunde an, so würde derselben eine anfängliche Wurfkraft von 110 000 Fuss entsprechen. Ferner kann nur in den allerseltensten Fällen die Richtung der Wurfbewegung gerade auf die Erde führen; durchgängig würde ein vom Monde mit der angegebenen Geschwindigkeit fortgeschleuderter Körper in elliptischer oder parabolischer Bahn die Erde umkreisen.

Chladni charakterisirt die allgemeine äussere Erscheinung der am Himmel auftauchenden Aërolithen kurzgefasst in folgender Weise. Als erstes Anzeichen erblickt man einen leuchtenden Punkt oder auch ein kleines helles Wölkchen, aus welchem schliesslich ein leuchtender Körper

Digitized by Google

hervortritt. Dieser bewegt sich mit einer derjenigen der Planeten vergleichbaren Geschwindigkeit. Nach und nach vergrössert sich der Körper und bildet eine Funken und Rauch aussendende feurige Kugel. Gewöhnlich zieht die Feuerkugel einen Schweif nach sich, der aus sich zuspitzenden Flammen und Rauch besteht, bisweilen auch kleine die Feuerkugel begleitende Theile derselben Masse enthält, woraus der Hauptkörper besteht. Die Feuerkugel zerspringt meist unter donnerartigem Getöse in kleinere Fragmente, die sich selten nochmals theilen. Am Tage ist es häufig erst der Donner, der das Platzen der Kugel begleitet, welcher die Aufmerksamkeit auf sich zieht; alsdann erblickt man nur noch das mit der Kugel auftretende Wölkchen.

Nicht immer scheinen die Feuerkugeln zu explodiren; viele, besonders kleinere Körper dieser Art, verschwinden häufig ohne Explosion, bei grösseren Meteoren findet dies weit seltener statt.

Professor Clark in Cambridge und mehrere andere Personen gingen am 6. Februar 1818 um 2 Uhr Nachmittags nahe bei der Universität spazieren, als sie nach Norden zu ein sehr grosses leuchtendes Meteor sahen, welches vertical vom Scheitelpunkte gegen den Horizont herabstieg und auf diese Weise einer durch die Schwerkraft zur Erde fallenden Masse glich. Der Himmel war damals vollkommen rein und die Sonne schien mit vollem Glanze. Das Meteor verschwand, bevor es die Dünste erreicht hatte, womit der Horizont im Norden bedeckt war, und liess auf seiner ganzen Bahn einen Streifen leuchtender Punkte zurück. Die nämliche Feuerkugel wurde auch nahe bei Swaffham in Norfolk gesehen. Bemerkenswerth ist die Sichtbarkeit leuchtender Streifen in der Bahn trotz des hellen Sonnenscheines.

Am 14. August 1863 sah Weber in Peckeloh eine Feuerkugel, welche ihre nahe 25 Grad lange Bahn in 4 Sec. zurücklegte. Der scheinbare Durchmesser war 5 bis 6 Minuten, die Farbe tiefgelb und der Schweif bestand aus aneinander gereihten, wellenförmigen, dem Umfange der Kugel entsprechenden lichten Parthieen. Der mit derartigen Erscheinungen sehr vertraute Beobachter versichert, sich zweifellos überzeugt zu haben, dass das Meteor um eine Axe rotirte. Es verschwand ohne Explosion. Die am 12. Januar 1836 zu Cherbourg gesehene Feuerkugel soll sich ebenfalls um ihre Axe gedreht haben.

Eine andere Bolide, die ebenfalls ohne sichtbare Veränderung erlosch, bestand aus zwei kleinen von einer gemeinschaftlichen Lichthülle umgebenen Körperchen. Derartige Doppelmeteore sind bisher nur sehr selten beobachtet worden.

Goddart berichtet über das am 29. März 1845 erschienene Meteor: „Es war vollkommen klarer Himmel bei Sterngefunkel. Als ich die Sterne in der Nähe des Arktur bewunderte, wurde meine Aufmerksamkeit plötzlich durch ein schwaches Licht im Sternbilde der Jagdhunde abgelenkt, einem Nebelfleck ähnlich, von der Helligkeit eines Sternes vierter Grösse und deutlich gelber Farbe. Ich richtete sofort mein Fernrohr darauf.

Digitized by Google

Das Meteor erschien als ein Nebel, aus vier Sternen bestehend, in der Mitte orangefarben. Es erlangte immer mehr Glanz und erlosch nach 2 Minuten.

Häufiger hat man bei nicht explodirenden Meteoren eine den Kern umgebende Dunsthülle bemerkt, so unter anderen Weber am Abende des 6. März 1864, wo das Meteor (bei 3 Bogenminuten Durchmesser) so lichtschwach erschien, dass es kaum einem Stern zweiter Grösse vergleichbar war. Derselbe thätige Beobachter beschreibt das Auftreten eines höchst merkwürdigen Meteors am 30. September 1866. Es erschien zuerst als feiner Lichtnebel ohne merklichen Durchmesser, stieg dann, sich westlich wendend, unter einem Neigungswinkel von 40 Grad aufwärts und dehnte sich derart aus, dass sein Durchmesser gegen $^1/_2$ Grad betrug. In dieser Ausdehnung erschien das Bild wie aus lauter Lichtflöckchen zusammengesetzt. Die Zwischenräume zwischen diesen matthellen Parthieen lagen in tiefem Dunkel. Doch wurden diese dunklen Stellen durch jene Flocken und Strahlen vielfach modificirt. Das ganze Bild erschien im Wirbel begriffen und machte einen schaurigen nicht zu beschreibenden Eindruck. Der Schweif, welcher die ganze Bahn einnahm und durch Abwickelung entstanden zu sein schien, hatte die Form eines sehr zugespitzten Kegels und löste sich erst nach dem Verschwinden des eigentlichen Körpers auf. Das letzte Aussehen des Meteors war ganz dasjenige eines planetarischen Nebels.

Die angeführten Beispiele beweisen, dass die Feuermeteore auch dann, wenn sie nicht explodirend auf die Erde herabstürzen, noch manche Erscheinung in ihrem Auftreten darbieten, deren wissenschaftliche Ergründung der Zukunft aufbehalten bleibt.

Die Helligkeit, welche die Feuerkugeln verbreiten, ist in vielen Fällen eine sehr bedeutende.

Am 27. December 1857, 2 Uhr 25 Min. früh, zog über Quenggouk bei Bassein in Pegu eine Feuerkugel herauf, welche vor ihrer Explosion die ganze Gegend umher taghell erleuchtete.

Die grosse Feuerkugel, die am 3. December 1861 über einen grossen Theil von Mitteldeutschland hinwegzog, verbreitete in einer Entfernung von 40 Meilen einen Glanz, der denjenigen des Vollmondes noch übertraf. Heis, der den Lauf des Meteors untersucht hat, berechnete nach einer in Berlin gemachten Schätzung, dass die absolute Lichtintensität dieser Feuerkugel jene einer gewöhnlichen Gasflamme um das 68 000 000-fache übertraf.

Ein ähnliches Feuermeteor, welches am 4. März 1863 gleichzeitig in Holland, Deutschland, Belgien und England gesehen wurde, zeigte ein solches Licht, dass ein Beobachter in Boppard am Rhein, 30 Meilen vom Heerde der Erscheinung entfernt, auf kurze Zeit das ganze zu seinen Füssen liegende Rheinthal durch dieselbe viel heller erleuchtet sah wie durch das Mondlicht. Als Prof. Heis sich persönlich nach Holland in denjenigen District begab, über welchem nach seiner Rechnung die Feuer-

Digitized by Google

kugel zerplatzt war, hörte er nicht mehr von einem „grossen Feuerballe“ oder von einer „grossen leuchtenden Kugel“ sprechen, sondern die Bewohner redeten nur von dem „grossen Himmelsfeuer“. Das Meteor strahlte hier in so gewaltiger Helligkeit, dass die meisten Beobachter gar nicht im Stande waren, genau die Richtung anzugeben, in welcher dasselbe verschwand.

Die Farbe der Meteore ist nur in ziemlich seltenen Fällen rein weiss; sie deutet, wie schon Chladni vermuthete — der aus dem grünen Lichte mancher Feuerkugeln scharfsinnig auf einen Kupfergehalt derselben schloss — auf die Zusammensetzung der die Grundmasse bildenden Bestandtheile.

Am 13. September 1824 sah man in Petersburg in der Richtung nach Südwest eine kleine Feuerkugel von hellblauer Farbe, welche unter einem Winkel von 35 Grad nach dem Boden hinabging. Der lange, leuchtende Schweif, welcher der Kugel folgte, hatte ebenfalls eine blaue Farbe. Eine am 5. December 1825 gegen 5 Uhr Abends in Berlin gesehene Feuerkugel besass ein mattes röthliches Licht. Am Morgen des 12. Januar 1835 sah man in der Umgegend von Cherbourg eine Feuerkugel von der scheinbaren Grösse des Vollmondes, die mit röthlichem stark ins Purpurfarbene spielendem Lichte leuchtete. Die am 27. December 1857 gesehene Feuerkugel war gelblich grün. Am 23. April 1862 wurde in Athen ein Feuermeteor beobachtet, dessen Helligkeit so bedeutend war, dass die Hälfte der Sterne am Himmel erlosch. Die Farbe war das intensivste Grüngold. Am 27. November desselben Jahres wurde an vielen Orten Englands eine grosse Feuerkugel gesehen. Ihr Licht, sagt ein Beobachter zu Grantham, war ein grelles Blau, doch nur an der Spitze stark glänzend, meistens stark zunehmend, aber sich gelegentlich zu einem Kreise ausdehnend; der übrige Theil war milchig weiss und dunkel in der Erscheinung. In der Bahn blieb ein Funkenstreifen zurück, der jedoch nur 1 bis 2 Secunden andauerte. Kugeln von blauer Farbe und bedeutender Grösse fielen von der Spitze des Meteors senkrecht herab, nicht beständig, sondern in häufigen Zwischenräumen. Diese Kugeln sprühten kleinere Kugeln aus, welche in sternartigen Funken von gelber Farbe zersprangen, ähnlich einer Raketenschnur aus einiger Ferne gesehen. Das Meteor verschwand im Maximum seines Glanzes; nicht zerspringend, sondern als wenn es hinter einen dunkeln Körper ging. Am 4. Juli 1864 sah Neumayer in Melbourne eine Feuerkugel von hellblauer Farbe mit orangegelbem Schweife. Gonvers in Wien berichtet über das Erscheinen eines Feuermeteors am 30. September 1866 von hellblauer Farbe und rothgelbem Schweife. Ein am 8. April 1866 an mehreren Orten Süddeutschlands gesehenes Meteor von halber Mondgrösse war gelb und hinterliess einen blutrothen Schweif.

Wie sich aus den wenigen angeführten Beispielen ergibt, werden die Farben, in welchen die Feuerkugeln erglänzen, sehr mannichfaltig angegeben, meist weiss, roth und blau, dann grün, seltener gelblich.

Digitized by Google

Nach dem gegenwärtigen Zustande des Wissens ist es schwer, zu entscheiden, ob jene Färbungen des Lichtes aufblitzender Meteore objectiv oder subjectiv sind. Für beides lassen sich Gründe anführen. Die Zusammensetzung des Meteoriten muss auf die Farbe des von ihm im Zustande des (oberflächlichen) Glühens ausgesandten Lichtes Einfluss haben; anderseits aber schwanken die Angaben der Färbung für das Meteor vom 3. März 1861 zwischen Blau, Grün und Weiss, und für jenes vom 4. März 1863 zwischen Tiefgelb, Grünlich, Roth und Blau. Darf man hieraus schliessen, die Feuerkugel habe während ihrer Entwicklung die Farbe geändert, oder sind die Unterschiede der Angaben in subjectiven Anomalien begründet?

Julius Schmidt gibt folgende tabellarische Zusammenstellung von Feuermeteoren (s. S. 302).

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich das merkwürdige Resultat, dass der Schall der Meteore im Februar und März dreimal häufiger als im August gehört wird. Das stimmt vollkommen mit den Resultaten von Schmidt über die Minimalhöhe der Atmosphäre, die ein Maximum in den Wintermonaten erreicht; in einer höhern, dichtern und kältern Atmosphäre wird die Wahrscheinlichkeit einer Detonation grösser.

Dem Maximum der Sternschnuppen und Feuerkugeln entspricht das Minimum der Detonationen; eben so sind Meteoritenfälle im August und November am seltensten. Das eigentliche Maximum für die Aërolithenfälle ist im Mai, zu einer Zeit, wo die Detonationen noch dem Maximum nahe und die Schweife am seltensten sind. „Es will scheinen," bemerkt Schmidt, „dass der vollständigste Verbrennungsprocess die häufigsten Schweife und die seltensten Steinfälle bedingt."

Was die Gestalt anbelangt, unter welcher die eigentliche Feuerkugel gewöhnlich am Himmel fortziehend beobachtet wird, so ist diese nicht immer die kreisrunde oder scheibenförmige; sie wird bisweilen als elliptisch, birn- und kegelförmig oder als unbestimmt unregelmässig angegeben. Es bleibt sehr misslich, aus solchen Angaben Schlüsse auf die wahre Gestalt eines Meteors zu ziehen, da die strahlende Helligkeit leicht zu sehr bedeutenden Täuschungen führt. Die Winkelgrössen, welche die Beobachter für einzelne Feuerkugeln angeben, müssen alle in Folge der Irradiation zu gross sein; dann können sich dieselben auch keineswegs auf den eigentlichen Kern, sondern nur auf die umgebende Dunsthülle beziehen. Denn in den meisten, wahrscheinlich sogar in allen Fällen bildet der eigentliche Meteorit nur den allerkleinsten Theil des Feuerballes, der von der Erde aus wahrgenommen wird.

Das strahlende Meteor, welches am 19. März 1718 Aller Augen in England auf sich zog, besass, nach Halley's Rechnung, bei einer Höhe von 60 Meilen über dem Erdboden, einen Durchmesser von fast 8000 Fuss.

In der Nacht vom 4. zum 5. Januar 1837 sah man an vielen Orten Frankreichs und Deutschlands eine Feuerkugel, die nach Petit's Berech-

Digitized by Google

nung einen Durchmesser von 6600 Fuss besass und deren Abstand von der Erde 34 Meilen betrug.

Vergleichende Tafel beobachteter Feuermeteore, zusammengestellt von J. F. Jul. Schmidt (zu S. 301).

1. Monatssummen.

	Zahl der Meteore	Detonationen	Meteoritenfälle	Schweife	weisse	gelbe	rothe	grüne
Januar . .	230	52	22	39	211	3	9	12
Februar . .	180	44	19	32	168	3	4	7
März . . .	196	51	27	38	179	9	4	12
April . . .	172	37	27	26	160	1	7	6
Mai	177	40	41	27	156	2	7	15
Juni	179	33	31	31	158	1	7	15
Juli	253	44	39	50	215	8	9	24
August . . .	404	34	25	108	344	11	23	34
September .	237	36	18	59	204	3	13	17
October . .	291	50	28	54	263	3	9	21
November .	339	61	20	67	295	10	15	23
December .	292	53	26	44	266	9	5	24

2. Häufigkeit nach Procenten.

Januar . . .	—	22,6	9,5	16,6	89,8	1,2	3,9	5,1
Februar . .	—	24,4	10,5	17,7	92,3	1,6	2,2	3,8
März . . .	—	26,0	13,7	19,3	87,7	4,4	1,9	5,9
April . . .	—	21,5	15,7	15,0	91,4	0,6	4,0	3,4
Mai	—	22,6	23,1	14,8	85,7	1,0	3,7	8,2
Juni	—	18,4	17,3	17,1	87,3	0,5	3,7	8,2
Juli	—	17,4	15,4	19,5	84,0	3,1	3,5	9,3
August . . .	—	8,4	6,2	26,4	83,4	2,7	5,6	8,3
September .	—	15,2	7,6	25,0	86,0	1,2	5,5	7,2
October . .	—	17,2	9,6	18,8	88,8	1,0	3,0	7,1
November .	—	18,0	5,9	19,5	86,0	2,9	4,3	6,7
December .	—	18,1	8,8	14,9	90,5	3,0	1,7	6,7

Die Feuerkugel vom 18. August 1841 hatte nach demselben Astronomen einen Durchmesser von 11 700 Fuss bei einer senkrechten Höhe von 91 Meilen über dem Boden.

Digitized by Google

Die Feuerkugel vom 23. Juli 1846 besass, ebenfalls nach Petit, einen Durchmesser von 210 Fuss; jene vom 6. Juli 1850 einen solchen von 750, und das Meteor des 2. April 1852 von 96 Fuss.

Nach der Berechnung von Heis besass die Feuerkugel vom 3. December 1861 einen Durchmesser von mindestens 900 Fuss, und diejenige vom 3. März 1863 einen solchen von 1300 Fuss.

Eine am 18. October 1863 in Griechenland gesehene Feuerkugel besass nach Schmidt einen Durchmesser von 66 Fuss.

Den Durchmesser des Meteors vom 11. März 1866 finde ich zu 200 Fuss.

Die niederfallenden Bruchstücke, deren Gestalt bisweilen auf eine kugelartige Form des ursprünglichen Meteors hinweist, besitzen niemals eine Grösse, welche den oben berechneten auch nur näherungsweise vergleichbar wäre. Kennte man einen genauen Werth für die Irradiation bei Schätzungen der scheinbaren Grösse der Feuerkugeln, so liesse sich einigermaassen die wichtige Frage entscheiden, ob diese bei ihren Explosionen nur kleinere Fragmente zur Erde niedersenden und die Hauptmasse des Meteors durch die Gewalt der Explosion aufs Neue aus der Nähe der Erde fortgetrieben wird, oder ob der grösste Theil, wenn nicht alles, was als Feuerkugel hoch durch die Luft zieht, zur Erde fällt. Nach Dr. Smith's Erfahrung erscheint ein kleines Kalkstückchen im Hydrooxygengebläse in der Entfernung einer halben Meile durch Irradiation bis zu einem scheinbaren Durchmesser von etwa 1 Grad vergrössert; nach solchen Wahrnehmungen wird man allerdings zu der Annahme geneigt, dass die wahren Durchmesser der compacten Meteormassen vielleicht niemals 100 Fuss erreichen.

Die Feuermeteore ziehen bei ihrem Laufe durch die Lüfte durchgehends einen mehr oder minder glänzenden Schweif nach sich, der bisweilen, wie bei der am 29. October 1857 in Paris gesehenen Feuerkugel, aus einer unzähligen Menge sternartig glänzender Funken zu bestehen scheint. Die Länge dieser Schweife ist verschieden. Derjenige der grossen Feuerkugel vom 3. December 1861 wird von Weber 11 Grad lang angegeben (während die Feuerkugel sich über 43 Meilen vom Beobachter entfernt befand), was unter der Annahme, dass der Schweif sich in der Fluglinie der Kugel selbst befand, für diesen zu einer wahren Länge von mehr als acht geographischen Meilen führt. Mittelzahlen, wie Brandes sie angibt, sind hier schwerlich als zuverlässig anzunehmen.

Obgleich die Form der Schweife meist die konische ist, so hat man doch auch Abweichungen von dieser Normalgestalt bemerkt. So war z. B. bei der grossen Feuerkugel vom 3. Februar 1856 der Schweif am äussern Ende in zungenförmige Ausläufer getheilt, denen, getrennt, noch einzelne dunkelrothe Punkte folgten. Am seltensten sind fächerförmige Schweife wie bei den Meteoren vom 7. Mai und 9. December 1850.

Bei der Frage nach der Dauer der Schweife muss man sorgfältig

Digitized by Google

zwischen dem Verschwinden für das blosse Auge und jenem für das Fernrohr unterscheiden. Denn in neuerer Zeit hat man begonnen, die Schweife im Fernrohre zu verfolgen, und hierdurch sehr überraschende Resultate in Beziehung auf die Sichtbarkeit und die seltsamen Gestaltveränderungen, welche dieselben zeigen, erhalten. Die längste beobachtete Dauer, und zugleich die älteste Wahrnehmung dieser Art findet man bei dem Schweife der Feuerkugel, die den Eisenfall von Hradschina bei Agram erzeugte. Der zickzackförmige Schweif blieb, wie Haidinger aus alten Urkunden gezeigt hat, volle $3^1/_2$ Stunden dem blossen Auge sichtbar am Himmel stehen.

Der Schweif der grossen funkensprühenden Feuerkugel, welche am 30. September 1850 Abends über einen grossen Theil von Nord-Amerika hinwegzog, blieb eine ganze Stunde hindurch sichtbar.

Schmidt in Athen hat eine Reihe merkwürdiger Schweifbeobachtungen angestellt und in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften veröffentlicht. Eins der merkwürdigsten Phänomene dieser Art ist dasjenige, welches van Hennekeler in der Nacht vom 13. zum 14. November 1865 auf der Sternwarte zu Leiden beobachtete. Dieser Astronom bemerkte plötzlich in der Nähe von ϱ im Löwen, $^1/_2$ Grad über diesem Sterne unbeweglich stehend, eine hellstrahlende Feuerkugel, bestehend aus einem rothen, scheibenförmigen, von einer ausgedehnten schwächer leuchtenden Hülle umgebenen Kerne, im Ganzen etwa 20 Bogenminuten im grössten Durchmesser haltend. Das Meteor blieb einige Secunden lang unbeweglich stehen und verminderte dabei merklich seine Helligkeit, dann löste es sich plötzlich geräuschlos in eine compacte Nebelmasse von länglicher Gestalt auf. Hennekeler richtete sofort den grossen Kometensucher darauf und erblickte sie aus zwei, in gleicher Richtung sich erstreckenden, fast gleichbreiten Theilen mit scharfbegrenzten zackigen Rändern bestehend, die mit dunklen Flecken überdeckt waren. Das Ganze lief an dem einen Ende aus in einen körnig erscheinenden, heller gefärbten Hof; am andern flossen die beiden Theile allmälig in einander und liefen in eine Spitze aus, in der ein dunkler Fleck stand, welcher den ganzen drei Grad langen Schweif in gerader Linie nach sich zog. Nach einigen Minuten rief Hennekeler einen zweiten Beobachter herbei; doch war in dieser kurzen Zwischenzeit plötzlich eine auffallende Aenderung in dem Aussehen der ganzen Masse eingetreten. Der schwarze Flecken der Spitze war verschwunden, letztere hatte sich herabgesenkt und bildete mit der andern Hälfte des Schweifes einen stumpfen Winkel, die Masse war vier Grad lang und breiter geworden, dabei durchscheinender, so dass sehr schwache Sterne dadurch sichtbar waren. Um 1 Uhr 13 Minuten war das Meteor in der Mitte zwischen ϱ und ϑ Leonis angekommen und hatte sich in zwei kleine parallele Wölkchen getheilt; die Fortbewegung wurde rascher und gleichzeitig die Helligkeit geringer. Nachdem ϑ im Löwen erreicht worden, war im Kometensucher kaum noch etwas zu sehen; beide Wölkchen

Digitized by Google

hatten sich in eine Anzahl paralleler Streifen zertheilt. Der von der Masse zurückgelegte Weg betrug 11 Grad 37 Minuten; die erste Hälfte desselben wurde in 25, die andere in 11 Minuten durchlaufen.

Diese und ähnliche Wahrnehmungen zeigen, dass die Schweife keine subjectiven Erscheinungen sind, wie man früher bisweilen angenommen hat; aber zur Feststellung der eigentlichen Natur dieser geheimnissvollen Phänomene reichen sie noch keineswegs aus. Es ist unzweifelhaft, dass die Spectralanalyse hier, wie in so manchen anderen Fällen, zuerst eine befriedigende Lösung des Problems anbahnen wird. Browning fand das Licht mehrerer Schweife im Spectroskop homogen, doch vielleicht nur weil es sehr schwach war, denn Secchi sah im November 1868 im Spectrum der Schweife die hellen Sodium- und Magnesiumlinien.

Die vielfältigsten Beobachtungen haben ergeben, dass die Höhen, in welchen Feuerkugeln sichtbar werden, sehr verschieden, immer aber nach Meilen zu berechnen sind. Es ist kein sicheres Beispiel bekannt, dass ein Meteor in geringeren Höhen als 0,5 Meile explodirte. Das Meteor vom 3. December 1845 soll freilich nur in 150 Fuss Höhe über der Erde bei Mentz zerplatzt sein, allein die Angaben sind nicht zuverlässig.

Ich stelle hier die von mir gesammelten Rechnungsresultate für die Höhen verschiedener Boliden zusammen (siehe folgende Seite).

Aus diesen Angaben ist ersichtlich, dass die Detonations- und Lichtphänomene welche die Feuerkugeln für uns darbieten, in Höhen vor sich gehen, in welchen die Atmosphäre eine verschwindend geringe Dichtigkeit besitzt. R. von Reichenbach hat die Wärme- und Lichterzeugung, sowie das Platzen der Meteorite von mathematisch-physikalischem Standpunkte aus untersucht. Er gelangte zu dem Resultate, dass jene Phänomene einzig und allein in dem Widerstande der Luft schon ihre hinreichende Erklärung finden, selbst dann, wenn das Meteor ohne eigentlichen Aërolithenfall die höchsten Luftregionen durchzieht. Aus den mathematischen Erörterungen folgt, dass die Wärmeentwickelung gänzlich von der ursprünglichen kosmischen Geschwindigkeit des Meteors abhängt, dagegen keineswegs von der Dichte der Luft an jener Stelle; es kommt nur darauf an, in welchem Verhältnisse ein gewisses Luftvolum verdichtet wird, nicht aber, welchen Dichtigkeitszustand die comprimirte Luft ursprünglich besass. In einer Höhe von etwa $2^1/_2$ Meilen würde ein Meteorit, dessen Geschwindigkeit 5 Meilen in der Secunde beträgt, einen Luftdruck gegen jeden Quadratzoll seiner Oberfläche von 77 Centnern auszuhalten haben, in dreifach grösserer Höhe würde der Druck nur 3 Centner betragen. Unter solchen Verhältnissen gewinnt die Annahme, dass Steinmeteorite durchschnittlich in 1 bis 2 Meilen Höhe zu zerplatzen pflegen, sehr an Wahrscheinlichkeit, und es wird zugleich erklärlich, weshalb der Stein in Trümmern und das nickelhaltige Meteoreisen als Ganzes zur Erde gelangt.

Die Frage, ob die Aërolithen als grössere zusammenhängende Massen oder als Gruppen von kleinen Bruchstücken in die Atmosphäre treten,

Digitized by Google

ist vielfach in entgegengesetztem Sinne discutirt worden; Greg ist der erstern Ansicht und beruft sich hierbei mit Recht auf die eckige unregelmässige Form der Bruchstücke. Die Ursache des mit der Explosion ver-

Meteor.		Entfernung von der Erdoberfläche in Meilen		Meteor.		Entfernung von der Erdoberfläche in Meilen	
		beim Aufleuchten.	beim Verschwinden.			beim Aufleuchten.	beim Verschwinden.
1846	März 21.	1,5	—	1863	Nov. 13.	17,57	6,78
1852	April 2.	2,0	—	1863	„ 13.	17,9	9,6
1866	März 11.	2.7	0,7	1845	April 24.	18	—
1754	Aug. 15.	3,0	—	1863	März 4.	18.1	3,5
1807	Dec. 14.	3,5	—	1863	Nov. 13.	18,75	10,34
1803	Nov. 13.	4,5	—	1863	„ 13.	19,0	11,5
1846	Juli 23.	5,5	—	1841	Juni 9.	19,0	—
1864	Aug. 10.	5,8	5,0	1865	„ 13.	19,42	54,72
1686	„ 19.	6,0	—	1861	Nov. 12.	19,5	—
1850	Juni 5.	6,5	—	1865	„ 13.	19,53	9,68
1864	Mai 14.	7.4	2,4	1852	Dec. 11.	21	5
1708	Juli 31.	9,0	—	1863	Oct. 18.	21,2	1,6
1783	Oct. 4.	9,0	—	1868	Jan. 30.	23	5
1864	Nov. 11.	9.0	—	1849	Juli 29.	25,9	4,2
1784	Sept. 11.	9,0	—	1847	Aug. 19.	27.0	8,5
1857	Nov. 19.	10.0	6,0	1861	Dec. 3.	28,0	13,3
1857	Dec. 17.	10,5	7,5	1850	Juli 6.	32,0	16,0
1779	Oct. 31.	12,0	—	1837	Jan. 4.	34,0	—
1783	Aug. 18.	12.0	—	1676	März 31.	35.0	—
1868	Dec. 7.	12,0	—	1842	Juni 3.	37,0	2.5
1865	Nov. 13.	12,97	9,0	1857	Oct. 29.	38,3	4,4
1850	Sept. 30.	13	11,06	1718	März 19.	59,5	—
1856	Febr. 3.	13,0	10,5	1844	Oct. 27.	64,0	1,5
1858	Aug. 4.	15,0	8,0	1841	Aug. 18.	—	91,0
1811	Mai 15.	15,5	—	1810	Nov. 23.	—	3,1
1850	Dec. 24.	15,9	5,9	1850	Febr. 11.	—	5,0
1861	Aug. 10.	16,3	11,0	1867	Aug. 2.	—	4,0
1865	Nov. 13.	17,44	9,60	1868	Sept. 5.	—	22
1762	Juli 24.	17,5	3,5	1869	Juni 7.	—	4,5

bundenen Getöses sucht man allerdings in den durch das Zerspringen hervorgerufenen Lufterschütterungen, wobei, wie Smith annimmt, auch

Digitized by Google

wohl elektrische Entladungen mitwirken dürften; aber die Intensität der Detonationen in so bedeutenden Höhen bleibt schwierig zu erklären.

Es ist hier noch der Ort, der sonderbaren Abweichungen von der geraden Fluglinie zu gedenken, welche einige Meteore, die sogenannten caprae saltantes, zeigen. Eine solche Feuerkugel, die 1740 zu Toulon gesehen wurde, hob und senkte sich in ihrer Bahn und zerplatzte nach einem deutlichen Rücksprunge. Diese Erscheinung hat aller Wahrscheinlichkeit nach in Gasausströmungen ihren Grund, welche die Explosion begleiteten, wie dies auch eine 1807 in Weston (Nord-Amerika) gesehene Feuerkugel sehr nahe legte, welche bei dreimaliger Explosion hinreichend unterscheidbare Sprünge machte.

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

(Die mit + bezeichneten Meteore waren von Detonationen begleitet).

v. Chr.					
74	April	7.	China		
n. Chr.					
24	„	4.	„		
35	Januar	25.	„	+	
57	Nov.	14.	„	+	
58	Mai	22.	„		
72	April	8.	Jerusalem		
90	Juni	22.	China	+	
99	„	25.	„		
103	Januar	6.	„	+	
138	März	27.	„	+	
303	Dec.	5.	„	+	
304	„	15.	„	+	
307	Sept.	26.	„	+	
310	Oct.	23.	„	+	
322	Sept.	10.	„		
337	Juli	30.	„		
340	März	15.	„		
352	Juli	21.	„		
354	Mai	14.	„	+	
369	Dec.	10.	„	+	
381	Nov.	20.	„	+	
389	April	4.	„	+	
452	Juli	6.	„	+	
455	Oct.	22.	„	+	
565	März	31.	„		
568	„	18.	„	+	
578	Januar	8.	„		
578	Juli	21.	„		
578	Aug.	12.	„		
579	Mai	15.	„		
579	Juni	23.	„	+	
579	Aug.	30.	„		
581	Januar	3.	„	+	
583	„	31.	Frankreich		
585	Oct.	28.	„		
616	Januar	14.	China. Ein aus der Kugel herabfallender Meteorstein zerschmetterte einen Wagen u. tödtete dabei 10 Menschen.		
n. Chr.					
616	Mai	28.	China		
616	Oct.	14.	„	+	
616	Oct.	15.	„	+	
617	Juni	11.	„		
620	Nov.	29.	„	+	
642	Juli	22.	„		
666	Febr.	15.	„	+	
704	April	24.	„	+	
708	März	16.	„	+	
744	April	4.	„	+	
745	Januar	1.	England		
757	Mai	19.	China		
757	Dec.	3.	„		
767	Oct.	15.	„		
768	„	19.	„		
771	Nov.	2.	„		
773	Juli	18.	„		
774	Jan.	18.	„		
775	April	9.	„		
798	Juni	20.	„	+	
809	Sept.	16.	„	+	
811	März	30.	„	+	
817	Oct.	26.	„	+	
822	Nov.	26.	„		
823	Sept.	23.	„		
837	Nov.	8.	„		
841	Dec.	22.	„		
900	April	20.	„		
911	Dec.	17.	„	+	
925	Sept.	21.	Egypten		
925	Oct.	7.	China	+	
934	„	14.	„		
954	Febr.	20.	„	+	
960	Oct.	19.	„		
960	„	20.	„		
960	„	23.	„		
962	Juni	13.	„	+	
964	April	3.	„		
966	Juni	12.	„		
966	Oct.	14.	„		

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.				
968	Aug.	3.	China	
969	Juli	20.	„	
971	Sept.	20.	„	+
972	„	28.	„	+
974	Oct.	14.	„	+
978	Nov.	5.	„	+
987	Juli	17.	„	+
988	Mai	13.	„	+
988	Juli	12.	„	
989	Mai	8.	„	
990	Nov.	30.	„	+
991	Oct.	4.	Egypten	
996	Mai	21.	China	
1002	Sept.	14.	Egypten	
1002	Oct.	12.	China	
1004	Januar	25.	„	+
1004	Dec.	12.	„	
1005	Juni	5.	„	
1005	Dec.	11.	„	+
1006	Aug.	16.	„	+
1009	April	1.	„	
1010	„	14.	„	
1010	Aug.	7.	„	
1010	Sept.	11.	„	
1010	Oct.	14.	„	
1011	Juli	23.	„	
1011	Aug.	2.	„	
1011	Nov.	16.	„	
1012	Sept.	11.	„	
1018	Nov.	9.	„	
1028	Mai	16.	„	+
1040	Dec.	17.	„	+
1046	Juli	14.	„	+
1060	Febr.	5.	„	+
1061	Dec.	18.	„	
1064	Oct.	7.	„	
1064	„	13.	„	
1068	Juli	25.	„	
1070	April	11.	„	
1073	Dec.	6.	„	
1074	Aug.	13.	„	
1078	Juli	13.	„	+
1095	Febr.	24.	Süddeutschland	
1095	April	4.	Frankreich	
1198	Aug.	2.	China	
1221	Januar	1.	„	+
1228	Juli	10.	„	
1230	Dec.	25.	„	
1231	Oct.	18.	„	
1241	Aug.	1.	„	
1243	„	27.	„	
1260	Nov.	25.	„	+
1325	Mai	22.	Florenz	
1328	Juni	28.	China	
1352	Oct.	22.	Italien	+
1356	Dec.	3.	China	+

n. Chr.				
1358	Dec.	8.	China	+
1359	Febr.	17.	„	+
1404	Januar	6.	„	+
1424	Juni	21.	„	+
1427	Januar	12.	„	+
1449	Dec.	16.	„	
1451	Sept.	10.	„	
1465	„	22.	Paris	
1476	Dec.	11.	China	
1484	Juni	3.	„	+
1491	Nov.	15.	„	
1495	Mai	12.	„	+
1496	April	23.	„	+
1497	Febr.	11.	„	+
1498	„	17.	„	+
1499	Mai	21.	Schweiz	
1501	Aug.	18.	China	
1503	März	9.	„	
1507	Oct.	4.	„	
1510	Mai	9.	„	Meteor mit 2 Schweifen
1511	Sept.	4.	Crema	+
1511	„	17.	China	+
1520	Mai	15.	„	+
1537	Januar	16.	Mitteldeutschland	
1547	April	24.	Halberstadt	
1547	Dec.	15.	Hamburg	
1548	Nov.	6.	im Mansfeldschen	
1557	März	10.	Châlons	
1566	Juli	17.	Paris	
1567	Nov.	14.	Winterthur	+
1570	Januar	10.	Anspach	+
1574	Mai	23.	Zürich	
1577	Oct.	11.	Schweiz	
1580	Sept.	21.	Stuttgart	
1584	Febr.	19.	Zürich	
1585	Juli	28.	China	+
1587	„	4.	„	+
1589	Febr.	16.	„	+
1603	Aug.	8.	Zürich, ebenfalls Sept. 9. und 20.	
1603	Sept.	10.	Schweiz	
1609	Aug.	8.	Zürich	
1610	März	11.	China	+
1613	Januar	21.	„	
1615	Mai	19.	„	+
1618	Nov.	12.	„	+
1619	Oct.	5.	Schweiz	
1623	März	19.	Zürich	
1623	Nov.	7.	Deutschland	
1624	„	7.	Tübingen	
1629	April	4.	„	
1634	Aug.	5.	Brandenburg	
1637	Oct.	3.	Frankreich	
1637	Nov.	27.	„	+
1640	April	4.	Holland und Schweiz	

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1641	Sept.	15.	Brandenburg
1643	Febr.	6.	Glarus +
1643	Dec.	25.	Brandenburg +
1646	März	15.	Reutlingen
1647	Febr.	18.	Zwickau +
1648	Januar	8.	Italien
1648	„	10.	Glückstadt
1649	Sept.	1.	Hamburg, capra saltans
1651	Januar	7.	Schweiz +
1660	Febr.	23.	Wittenberg
1661	Januar	20.	Schweiz
1661	Aug.	16.	Brandenburg
1662	April	26.	Königsberg
1663	März	13.	Malmö +
1664	April	8.	Sachsen
1666	Juli	17.	Italien
1668	Juni	19. oder 21.	„ +
1676	Januar	24.	Schweiz +
1676	Febr.	21.	„ +
1676	März	31.	Italien
1676	Sept.	20.	England
1678	Aug.	23.	Glarus +
1680	Mai	22.	Deutschland
1680	Dec.	17.	Kurland
1682	März	21.	Schweiz
1682	Mai	8.	Glarus
1682	Nov.	20.	Zürich
1682	Dec.	5.	„
1683	Aug.	12.	Leipzig
1684	Mai	19.	Sachsen
1684	Nov.	13.	„
1686	Juli	19.	„
1687	Mai	6.	Zürich und Bern
1687	„	22.	Paris
1688	April	17.	Heilbronn, Schweif wellenartig, lang
1689	Oct.	1.	Boston
1692	„	9.	Temesvar +
1698	Mai	17.	Zürich
1700	Januar	7.	Normandie +
1704	„	4.	Quesnoy +
1704	Dec.	25.	Barcelona +
1708	Juli	31.	England
1709	März	4.	Lima
1709	Dec.	7.	Zürich
1709	„	28.	„
1710	Mai	17.	England
1711	März	11.	Schweiz
1711	„	28.	Zürich +
1714	Oct.	4.	Bern +
1715	Sept.	29.	Brandenburg
1717	Aug.	10.	Schlesien
1718	März	19.	England +
1718	„	24.	Indien. Insel Lethy
1719	Febr.	22.	Zürich
1719	März	19.	England +
1719	„	30.	Holland
1721	Januar	26.	Schweiz
1722	Febr.	1.	„
1723	Januar	6.	Portugal +
1723	Aug.	22.	Polen
1725	Oct.	22.	Maryland
1726	Febr.	4.	Regensburg
1728	März	28.	Lausitz
1728	Mai	30.	Portugal
1728	Dec.	4.	Nürnberg
1729	April	19.	Genf, Schweif 7 bis 8 Minuten sichtbar
1729	Juni	2.	Schweiz
1729	Aug.	23.	Paris
1729	Oct.	1.	Schweden
1729	Nov.	25.	Toskana
1730	April	13.	Mons (Belgien)
1730	Juli	17.	Neisse
1730	Aug.	20.	Lausitz
1731	März	3.	Upsala
1731	„	12.	England +
1733	Nov.	4.	Frankreich
1734	März	13.	England
1734	Dec.	9.	Regensburg +
1736	Febr.	9.	Brandenburg +
1736	Oct.	1.	England
1737	Dec.	5.	Mitteleuropa +
1738	Juli	13.	Paris, capra saltans
1738	Aug.	28. oder 29.	England +
1739	Juni	3.	Cambridge + (N.-Amer.)
1739	Dec.	2.	England
1740	Febr.	29.	Toulon +, capra saltans
1741	Oct.	10.	Brandenburg
1741	Dec.	11.	England +
1742	Nov.	24.	Nord-Amerika
1742	Dec.	16.	England
1744	Mai	7.	Oxford
1744	„	27.	London
1745	Oct.	13.	Bologna
1749	Nov.	4.	atlant. Ocean. Ein Stück des Meteors beschädigte den Schiffsmast und tödtete 5 Menschen
1750	Febr.	9.	Schlesien +
1750	April	12.	Hamburg
1750	Juni	7.	England
1750	Juli	16.	Italien
1750	„	22.	England
1751	Mai	26.	Agram +
1752	Juni	19.	Nimes
1752	Sept.	4.	Zürich, 11 Uhr Abends
1752	Dec.	25.	Glasgow
1753	Nov.	4.	Frankreich +
1754	Febr.	26.	England

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1754	Aug.	15.	England
1755	Nov.	27.	Schweden
1756	Januar	15.	England
1756	„	21.	„
1756	„	26.	„
1756	Febr.	28.	Köln
1756	März	3.	Frankreich und Schweiz
1756	April	29.	England
1757	Febr.	18.	Rouen
1757	„	26.	Irland
1758	Nov.	26.	England
1758	Dec.	22.	„
1759	Mai	4.	Neufundland
1759	Oct.	20.	England
1760	Mai	10.	Nordamerika +, 3 Mal explodirend
1761	Januar	26.	Kopenhagen
1761	Juli	17.	Italien
1761	Nov.	3.	England
1761	„	12.	Frankreich +, entzündete im Dorfe Chamblan ein Haus
1762	April	30.	Schweden +
1762	Juli	24.	Sachsen +
1762	Dec.	5.	England
1763	Januar	13.	Schweden +
1763	„	15.	England
1763	April	29.	Paris
1764	Juni	10.	Schweiz
1765	Oct.	11.	England +
1768	März	23.	atlant. Ocean +
1771	Juli	17.	England
1771	Nov.	9.	Schwaben
1772	Febr.	10.	England
1773	Juli	29.	Frankreich
1773	Aug.	8.	England +
1776	Mai	12.	Mexiko
1776	Juli	11.	Oxford +
1777	Sept.	11.	Bern +
1778	Aug.	26.	Veltlin +, capra saltans
1779	März	8.	Frankreich
1779	Aug.	5.	Peking
1779	Oct.	31.	Virginien
1780	April	11.	England +
1780	Mai	30.	Zürich 1¼ Uhr Nachts
1780	Aug.	10.	Luzern
1783	Aug.	18.	Mitteleuropa +
1783	Sept.	5.	Schweiz
1783	Oct.	4.	England
1784	Juli	30.	Prag
1784	Sept.	4.	„
1784	„	11.	Italien
1785	Januar	10.	Valence
1785	Mai	31.	Mittelitalien
1785	Oct.	15.	Gotha
1786	April	10.	Portugal +
1786	Juni	29.	Bern
1787	Sept.	11.	Edinburg +
1787	Dec.	3.	Genf
1788	Oct.	17.	New-York
1790	Juli	24.	Frankreich +
1792	April	18.	Lima
1792	Juli	23.	Leipzig
1794	Juni	16.	Siena +
1796	März	8.	Deutschland +
1797	Januar	20.	Bern
1797	Juli	13.	Göttingen
1798	März	8.	
	oder	12.	Genf +
1798	Juli	28.	England +
1798	Sept.	6.	Bern +
1798	„	22.	England
1798	Nov.	20.	„
1798	Dec.	13.	Benares +
1799	Nov.	2.	England
1799	„	7.	Mexiko
1799	„	12.	England
1800	April	1.	„
1800	„	5.	Nordamerika
1800	„	8.	„
1801	Juni	19.	Halle
1801	Oct.	15.	Zürich
1801	„	23.	Colchester
1802	Aug.	10.	Quedlinburg
1803	Januar	21.	Schlesien
1803	April	26.	Aigle +
1803	Juni	9.	Bern
1803	Juli	4.	England +
1803	Sept.	22.	Genf
1803	Oct.	10.	atlant. Ocean
1803	Nov.	6.	
	oder	13.	England
1803	Nov.	16.	Genf
1803	Dec.	13.	Jekaterinenburg
1803	„	16.	Schwarzenberg
1804	März	17.	Berlin +
1804	April	15.	Genf
1804	Juli	29.	Frankfurt a/O.
1804	Aug.	19.	Oldenburg
1804	Sept.	10.	
	oder	12.	Mitteldeutschland
1804	Dec.	2.	Finnland +
1805	Febr.	1.	Sachsen +
1805	„	1.	Frankfurt a/O. mit der vorigen nicht identisch
1805	Juni	2.	Berlin
1805	Juli	21.	London
1805	Nov.	17.	Berlin
1805	„	21.	Bern
1806	Febr.	11.	Stockholm
1806	Juli	17.	England
1806	Sept.	23.	Weimar

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1806	Sept.	28.	Lindau
1806	Dec.	22.	England
1807	März	6.	Genf und Glasgow
1807	Aug.	9.	Nürnberg
1807	Dec.	14.	Weston + capra saltans
1808	Mai	21.	Kirchenstaat +
1808	„	29.	Cap Spartel
1808	Juni	4.	Dessau
1808	Juli	29.	England
1808	Aug.	15.	Wien
1808	Nov.	11.	England
1808	Dec.	29.	Bern
1809	Juli	29.	Neumark +
1809	Aug.	28.	Parma +
1809	Oct.	12.	London
1809	Nov.	29.	München
1810	Januar	3.	Schweiz
1810	April	20.	Neugranada +
1810	Nov.	23.	Frankreich +
1810	Dec.	30.	Grönland
1811	Febr.	18.	Olmütz
1811	Mai	15.	Frankreich
1812	Januar	28.	Schweiz
1812	„	30.	Kentucky +
1812	April	10.	Perigueux +
1812	„	13.	bei Segovia
1812	„	15.	Dessau +
1812	Aug.	23.	Utrecht
1812	Nov.	15.	Deutschland
1812	Dec.	26.	„
1813	Januar	27.	Brünn
1813	März	21.	New-Haven
1813	Sept.	2.	Bern
1813	„	23.	Zürich
1813	Nov.	8.	England
1814	Januar	27.	Augsburg, Zürich +
1814	April	19.	Deutschland
1814	Juli	29.	Genfersee +
1814	Aug.	3.	Frankreich
1814	„	13.	Massachusetts
1814	Sept.	8.	Augsburg
1814	Oct.	18.	Deutschland
1814	Nov.	9.	Moskau
1814	Dec.	2.	London
1815	April	14.	Malakka
1815	„	30.	Florenz
1815	Mai	10.	England
1815	Sept.	16.	Mitteldeutschland
1815	„	29.	London
1816	Januar	8. oder 9.	Pesth
1816	März	23.	England +
1816	Aug.	7.	Ungarn +
1816	„	13.	Schottland
1816	Oct.	19.	Düsseldorf
1816	Dec.	11.	Augsburg
1816	Dec.	14.	Erlach
1816	„	20.	Pesth
1816	„	21.	„
1817	Januar	21.	Bern
1817	März	2.	Fühnen +
1817	„	18.	Frankreich +
1817	April	10.	Böhmen +
1817	„	17.	Westdeutschland
1817	Sept.	8.	England
1817	Oct.	17.	Aachen
1817	Nov.	19.	Rochelle
1817	Dec.	8.	England
1818	Januar	28.	Schottland
1818	Febr.	6.	England +
1818	„	15.	Frankreich +
1818	März	2.	grosser Ocean
1818	Juli	17.	Nordamerika +
1818	Aug.	5.	England
1818	Sept.	6.	Departement Oise +
1818	„	14.	England
1818	Oct.	31.	Banat
1818	Nov.	13.	England
1818	„	17.	„
1818	Dec.	18.	Halle
1818	„	21.	Fühnen
1819	Febr. oder	2. 3.	Sussex
1819	März	26.	Bern
1819	Mai	5.	Schottland +
1819	Juni	5.	England
1819	Juli	24.	Staat Ohio
1819	Aug.	6.	Mähren
1819	„	13.	Amherst in Massachusetts (Vereinigte Staaten)
1819	„	20.	Rottweil (mit der Feuerkugel fiel eine schmierige, übelriechende Masse)
1819	Oct.	1.	England
1819	„	12.	Gera
1819	„	13.	Haiti
1819	„	24.	Westeuropa
1819	Nov.	14.	Böhmen
1819	„	21.	Vereinigte Staaten
1820	April	18.	Augsburg
1820	Mai	10.	Koblenz
1820	Juni	30.	Dünaburg +
1820	Juli	8.	München
1820	„	30.	Brünn
1820	Oct.	12.	Kirghisensteppe
1820	Nov.	12.	Russland
1820	„	29.	Neapel +
1820	Dec.	5.	„
1820	„	9.	Mongolei +
1820	„	30.	Zante
1821	Febr.	12.	Breslau
1821	März	23.	Augsburg

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1821	April	28.	Leipzig
1821	Mai	16.	München
1821	Juni	15.	Juvenas +
1821	Aug.	20.	St. Thomas
1821	„	30.	Dresden
1821	Sept.	7.	
		oder 8.	Böhmen
1821	Oct.	7.	Sachsen
1821	„	30.	Marienwerder
1821	Nov.	30.	Delitzsch
1821	Dec.	1.	Leipzig
1821	„	2.	Mitteldeutschland
1821	„	2.	England, mit der vorigen nicht identisch
1821		3.	Weimar
1821	„	4.	Görlitz
1821	„	11.	England
1821	„	18.	Neapel
1821	„	24.	Deutschland
1821	„	25.	Oberlausitz
1821	„	26.	Weimar
1822	Januar	11.	Gumbinnen +
1822	„	14.	Hannover +
1822	„	25.	Preussen
1822	Febr.	6.	Mähren
1822	„	7.	Bayern +
1822	„	9.	Mähren
1822	März	1.	Brünn
1822	„	16.	Richmond +
1822	„	31.	Leipzig
1822	April	9.	Halberstadt
1822	„	9.	Avignon, mit voriger nicht identisch
1822	Juni	9.	Westeuropa
1822	„	9.	Mähren, mit voriger nicht identisch
1822	„	13.	Christiania
1822	„	17.	Leipzig und Danzig
1822	„	19.	Hamburg
1822	Juli	28.	Brünn
1822	Aug.	6.	Frankreich, England
1822	„	7.	Mähren
1822	„	11.	Westdeutschland
1822	„	23.	Posen
1822	Sept.	1.	Martinique +
1822	Oct.	13.	Orenburg
1822	„	27.	Berleburg
1822	„	28.	England
1822	Nov.	11.	Sachsen
1822	„	11.	Zschopau, mit voriger nicht identisch
1822	„	12.	Brandenburg
1822	„	15.	Apenrade
1822	„	30.	Hindustan
1822	Dec.	21.	Mähren
1823	Januar	11.	Augsburg

n. Chr.			
1823	Januar	24.	England
1823	April	2.	Mannheim
1823	„	6.	Brandenburg
1823	„	9.	„
1823	Mai	2.	Northumberland
1823	„	20.	Ragusa
1823	„	23.	Kopenhagen
1823	„	23.	Altenburg, mit voriger nicht identisch
1823	Juli	30.	Leipzig
1823	Aug.	9.	Würtemberg
1823	„	12.	Tübingen
1823	„	19.	München
1823	Oct.	3.	Königsberg
1823	Dec.	6.	Westdeutschland
1824	Febr.	3.	Schlesien
1824	„	6.	Arenazzo +
1824	März	1.	Berlin
1824	April	17.	Agril
1824	Juni	9.	Sachsen
1824	Aug.	11.	Toskana und Alpen
1824	Sept.	13.	Petersburg
1824	Nov.	13.	Mainz
1824	„	16.	Bonn
1824	„	27.	Böhmen
1824	„	27.	Erlangen, mit voriger nicht identisch
1824	Dec.	10.	Le Mans
1824	„	15.	Magdeburg +
1824	„	17.	Böhmen +
1825	Januar	2.	Italien
1825	„	16.	Bengalen
1825	„	17.	Bromberg
1825	„	24.	Königsberg
1825	Febr.	3.	Nürnberg
1825	„	4.	Kassel
1825	„	7.	„
1825	Juli	28.	Frankfurt
1825	Aug.	3.	Oesterreich
1825	„	22.	Utrecht
1825	Sept.	20.	Mitteldeutschland
1825	„	24.	Leipzig
1825	Oct.	17.	Prag +
1825	„	19.	Berlin
1825	„	22.	Höxter
1825	Nov.	3.	Calcutta
1825	„	4.	Halle
1825	„	5.	„
1825	„	9.	Böhmen
1825	„	14.	Leith
1825	„	22.	Calcutta
1825	Dec.	1.	Berlin
1825	„	5.	„
1825	„	10.	Halle
1825	„	18.	Frankfurt a/M.
1826	Febr.	14.	Spanien

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1826	April	14.	England
1826	Juli	21.	Heidelberg
1826	„	29.	Spanien
1826	Aug.	3.	Leipzig
1826	„	8.	Odensee
1826	„	11.	Halle
1826	„	18.	England
1826	„	27.	„
1826	Sept.	4.	Halle
1826	„	6.	„
1826	„	13.	Bordeaux
1826	Nov.	6.	Teneriffa
1826	Dec.	31.	im Lippeschen
1827	März	1.	Lavaux
1827	Mai	21.	Greenwich
1827	„	22.	Sommer County +
1827	Sept.	7.	Estremadura
1827	„	22.	Aschaffenburg
1827	Oct.	7.	Zürich
1827	„	28.	„
1828	Januar	18.	Gotha
1828	Febr.	11.	New-York
1828	Juli	30.	Auffenau
1828	Nov.	11.	Jhère-Departement
1829	Aug.	26.	Parma
1829	Sept.	26.	Bremen
1829	Oct.	3.	Zürich
1829	„	23.	Krakau
1829	Nov.	19.	Prag
1830	Januar	16.	Paris
1830	Febr.	15.	England
1830	März	14.	Freiberg
1830	Dec.	12.	Eichsfeld (viele Feuerkug.)
1831	Januar	1.	Finnland +
1831	„	12.	Breslau
1831	„	28.	Gotha
1831	Mai	13.	Voullé +
1831	Aug.	10.	?
1831	Oct.	19.	Marbach
1831	Nov.	13.	Süddeutschland
1831	„	26.	im Arensberg'schen
1831	„	29.	Hildburghausen
1831	Dec.	8.	England
1832	Januar	2.	Berlin u. Bordeaux +
1832	„	23.	Zürich
1832	Febr.	7.	Lauenburg
1832	März	15.	Berlin
1832	Mai	20.	Bengalen
1832	„	31.	Riga
1832	Juni	29.	Brest
1832	Juli	24.	Merut in Indien
1832	Oct.	6.	Berlin
1832	„	13.	Ulm
1832	„	24.	Grünewald +
1832	Nov.	13.	Köln
1832	„	18.	Agra in Indien

n. Chr.			
1832	Nov.	19.	England
1832	Dec.	30.	Bonn
1833	März	18.	Madras
1833	April	19.	Nürnberg
1833	Mai	20.	Chichester
1833	Aug.	10.	„
1833	Oct.	2.	Hildburghausen
1833	Nov.	20.	Pressburg
1833	Dec.	11.	Augsburg
1834	Jan.	30.	England
1834	Febr.	4.	Schlesien
1834	März	10.	„
1834	Mai	15.	„
1834	Juni	7.	Philadelphia
1834	„	12.	Indien
1834	Aug.	10.	Brüssel
1834	Oct.	2.	Köln
1834	Nov.	4.	München
1835	Jan.	13.	Berlin
1835	„	18.	Löbau +
1835	„	23.	Neu-Granada +
1835	Febr.	6.	Parma
1835	März	22	Troitzkosaffsk
1835	Mai	16.	Weimar
1835	Juni	13.	Königsberg
1835	Juli	17.	Italien +
1835	„	18.	Aarhuus +
1835	Sept.	6.	Gotha
1835	Nov.	13.	Departement Ain +
1835	„	17.	St. Louis
1835	Dec.	13.	Brandenburg
1836	Januar	12.	Cherbourg
1836	„	23.	München
1836	Febr.	8.	Piemont
1836	Juni	10.	Departement Loire
1836	Aug.	20.	Illinois +
1836	Oct.	18.	Breslau
1836	Nov.	11.	Brasilien
1836	„	13.	Mezel
1836	„	14.	Berlin
1836	Dec.	8.	Oberengadin
1837	Januar	5.	Basel +
1837	„	22.	Schweiz
1837	„	24.	München
1837	„	25.	Augsburg
1837	März	28.	Frankfurt
1837	Mai	5.	Massachusetts +
1837	Juli	9.	Bern
1837	Aug.	3.	Zürich
1837	„	5.	Rochester
1837	„	29.	Oberschlesien
1837	Sept.	21.	Paris
1837	Nov.	1.	Mailand
1837	Dec.	14.	Connecticut
1837	„	30.	bei Trebnitz
1838	Januar	2.	Breslau

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1838	März	17.	England
1838	„	18.	New-York, Canada
1838	Aug.	10.	Zürich
1838	Sept.	27.	„
1838	Oct.	13.	Capland +
1838	Nov.	13.	Cherbourg
1838	„	16	Condé sur noir
1839	Januar	6.	Mailand
1839	„	12.	Parma
1839	Febr.	6.	„
1839	„	13.	Missouri +
1839	Mai	7.	Parma
1839	Juni	6.	Genf
1839	Juli	6.	Parma
1839	„	11.	Plaisance
1839	Aug.	7.	44^0 n. Br. 40 bis 44^0 w. L.
1839	„	26.	Küste von Albanien
1839	Sept.	3.	Parma
1839	„	10.	Gent
1839	„	13.	Parma
1839	Oct.	6.	Plaisance
1839	Nov.	1.	Russland
1839	„	3.	Insel Antigua
1839	„	6.	Parma
1839	„	8.	Prag
1839	„	10.	Parma
1839	„	29.	Italien
1839	Dec.	18.	Breslau
1840	Januar	8.	Apenrade +
1840	Febr.	6.	Brüssel
1840	„	8.	Kopenhagen
1840	„	17.	Bern
1840	März	17.	Canada
1840	April	28.	Parma
1840	Mai	13.	Connecticut
1840	„	23.	Parma
1840	„	31.	„
1840	Juni	3.	Weinfelden
1840	Juli	17.	Piemont
1840	„	26.	Paris
1840	Aug.	2.	Frankreich
1840	„	7.	Neapel
1840	„	13.	Peru
1840	„	16.	Toronto
1840	Oct.	29.	Brüssel
1840	Nov.	2.	Evreux
1840	Dec.	4.	Zürich
1840	„	25.	Mähren
1840	„	27.	Mitau
1840	„	29.	Nischne-Tagilsk
1841	Febr.	9.	Paris
1841	„	25.	Parma
1841	„	27.	„
1841	„	27.	Guastalla, mit voriger nicht identisch
1841	März	8.	Guastalla +
1841	„	15.	New-Haven
1841	„	21.	St. Menehould
1841	„	22.	Parma
1841	„	24.	Genf
1841	„	30.	„
1841	Mai	13.	Brügge
1841	„	13.	Brüssel, mit voriger nicht identisch
1841	„	16.	Montargis
1841	„	24.	Neapel
1841	Juni	9.	Frankreich
1841	„	12.	„
1841	„	13.	„
1841	„	14.	„
1841	Juli	4.	Parma
1841	„	20.	Genf
1841	Aug.	2.	Waadt
1841	„	9.	Toronto
1841	„	10.	Ungarn
1841	„	15.	Paris
1841	„	18.	„
1841	„	20.	Corfu
1841	Sept.	8.	Paris
1841	„	9.	„
1841	„	20.	Genf
1841	„	28.	Paris
1841	„	29.	Bayonne
1841	Oct.	8.	Dijon
1841	Nov.	5.	Vendée
1841	„	6.	Parma
1841	„	8.	„
1841	„	10.	Nord-Amerika
1841	„	15.	Langensalza +
1841	Dec.	5.	Schlesien
1841	„	16.	Oels
1841	„	21.	Glasgow
1841	„	29.	Frankreich
1842	Febr.	7.	Aargau
1842	„	9.	Frankreich
1842	„	19.	Schweiz
1842	„	20.	Würtemberg
1842	März	18.	Parma
1842	April	3.	Zürich
1842	„	11.	Charka in Indien
1842	Juni	3.	Frankreich +
1842	„	12.	Toulon +
1842	Juli	11.	Paris
1842	Aug.	5.	Breslau
1842	„	9.	Hamburg
1842	„	12.	Isère-Departement
1842	Sept.	30.	Parma
1842	Oct.	4.	Cambridge (England)
1842	„	18.	Hamburg
1842	„	23.	Schlesien +
1842	Nov.	18.	Montierender (Frankreich)
1842	Dec.	5.	Epinal +

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1843	Januar	2.	Brügge
1843	Febr.	1.	Schlesien
1843	„	5.	Nottingham
1843	März	20.	Hamburg
1843	April	14.	Clermont
1843	Mai	4.	Frankreich
1843	Juni	2.	Utrecht
1843	„	21.	Parma
1843	„	22.	Utrecht
1843	Aug.	7.	Westfalen +
1843	Sept.	16.	Klein Wenden +
1843	„	17.	Hamburg
1843	„	22.	„
1843	Oct.	2.	Frankreich
1843	Nov.	18.	Nottingham
1843	Dec.	11.	Commercy
1843	„	21.	Schweiz +
1844	Januar	20.	Neapel
1844	„	25.	„
1844	Febr.	8.	Parma
1844	„	12.	Gouvernement Wologda
1844	„	18.	Parma
1844	„	20.	Hannover +
1844	April	3.	Neapel
1844	„	11.	Edinburg
1844	Mai	11.	Hamburg
1844	Juni	12.	Mailand
1844	Juli	10.	Hamburg
1844	„	10.	Paris + 2 Meteore
1844	„	20.	Brüssel, Nürnberg +
1844	„	24.	„
1844	„	27.	Brügge
1844	„	31.	Parma
1844	Aug.	5.	Hamburg
1844	„	8.	Küste der Bretagne
1844	„	16.	Hessen
1844	Sept.	5.	Schlesien
1844	„	10.	Departement Bas-Rhin
1844	„	20.	Belgien
1844	„	24.	Neapel
1844	„	30.	Lombardei
1844	Oct.	8.	la Puy
1844	„	10.	Bonn
1844	„	27.	Frankreich
1844	Nov.	2.	Bombay
1844	„	4.	„
1844	„ bis	17. 21.	„
1844	„	20.	Frankreich +
1844	„	20.	„ mit voriger nicht identisch
1844	Dec.	8.	Paris
1844	„	12.	bei Limaux
1845	Januar	16.	Cette
1845	„	20.	Grüneberg
1845	„	27.	Hamburg

n Chr.			
1845	Januar	31.	Nottingham
1845	Febr.	17.	Paris
1845	März	10.	Hamburg
1845	„	29.	London
1845	April	24.	Greenwich
1845	Mai	1.	Dijon
1845	Juni	13.	Villeneuve, St. Georges
1845	„	18.	Ainab
1845	„	28.	Groiland
1845	Juli	16.	Belgien
1845	„	29.	Madras
1845	Aug.	9.	Bilk
1845	„	10.	Madras
1845	„	31.	Grenelle
1845	Sept.	1.	Fayetteville
1845	„	6.	Rheinland
1845	„	7.	Calcutta
1845	Oct.	24.	Bonn
1845	„	31.	Mailand
1845	Nov.	2.	„
1845	„	4.	Bombay
1845	„	6.	„
1845	„	12.	Hamburg
1845	„	14.	Bombay
1845	„	17.	Paris
1845	„	20.	Cramaux
1845	Dec.	3.	Mentz +
1846	Januar	16.	Pierre. Die Feuerkugel entzündete einen Holzschuppen
1846	Febr.	10.	Canaman
1846	„	11.	Nottingham
1846	„	12.	Paris
1846	„	21.	Collioure. 2 Feuerkugeln nebeneinander ziehend
1846	März	1.	Toulouse
1846	„	10.	Bonn
1846	„	19.	Capland
1846	„	21.	Dep. Haute-Garonne
1846	„	22.	bei Baguère de Luchon. Das Meteor entzündete eine Scheune
1846	„	25.	Toulouse
1846	„	31.	Oberschlesien
1846	Mai	1.	Paris
1846	„	24.	Toulouse
1846	„	29.	Nottingham
1846	Juni	3.	Moreton-Bay +
1846	„	12.	Paris
1846	„	19.	Rheinlande
1846	„	20.	Marieux bei Autun
1846	„	21.	Thury
1846	Juli	23.	Toulouse
1846	„	31.	Altona
1846	Aug.	1.	Bamberg
1846	„	10.	Irland

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1846	Aug.	17.	Dijon
1846	„	24.	St. Aprié
1846	„	25.	Nottingham
1846	„	26.	„
1846	Sept.	9.	Cambridge
1846	„	13.	Paris
1846	„	15.	Wrenbury
1846	„	25.	Oxford
1846	Oct.	9.	Paris
1846	„	10.	Ferty-sous-Juarre
1846	„	13.	Prausnitz
1846	„	17.	Dijon und Frankfurt
1846	„	24.	Schlesien
1846	Nov.	9.	Dijon, Paris
1846	„	11.	England
1846	„	15.	Hamburg
1846	„	18.	Breslau
1846	„	19.	Dijon
1846	„	22.	Berlin
1846	„	23.	„
1846	„	25.	Schönenberg
1846	„	28.	Bonn
1846	Dec.	1.	Grottkau, Wensen
1846	„	7.	Orgelot im Jura
1846	„	7.	Bombay
1846	„	21.	Parma
1847	Januar	6.	Gumbinnen
1847	„	10.	Zopten, Wien +
1847	Febr.	11.	Versailles
1847	„	21.	Bonn
1847	„	25.	Jowa
1847	März	28.	Bonn
1847	April	11.	Algier
1847	Mai	9.	Bonn
1847	„	10.	„
1847	„	15.	Freiberg
1847	„	26.	bei Oxford
1847	Juni	13.	Paris
1847	„	19.	Parma
1847	Juli	14.	Braunau
1847	Aug.	9.	Brüssel
1847	„	10.	Paris, 2 Feuerkugeln
1847	„	14.	Bonn
1847	„	15.	Teufen
1847	„	17.	Frankreich
1847	„	19.	„
1847	„	26.	Bonn
1847	Sept.	7.	Paona in Indien
1847	Oct.	11.	Brügge, 2 Feuerkugeln
1847	„	17.	Wrenbury
1847	„	18.	Paris
1847	„	24.	bei Durham
1847	„	29.	Bonn
1847	„	30.	Bombay
1847	Nov.	7.	bei Trebnitz
1847	„	8.	Bonn
1847	Nov.	17.	Nottingham
1847	„	19.	Paris
1847	„	20.	England
1847	„	23.	„
1847	„	26.	Oels +
1847	„	29.	Bonn
1847	Dec.	8.	Brüssel
1847	„	12.	Nottingham
1847	„	13.	Breslau
1847	„	16.	Frankreich
1848	Januar	2.	Bonn
1848	„	11.	Parma
1848	„	12.	„
1848	„	19.	Sagan
1848	„	20.	New-York
1848	„	20.	Rom
1848	„	21.	Aachen, Parma
1848	„	27.	Buckingham
1848	Febr.	2.	Wrenbury
1848	„	7.	Nottingham
1848	„	22.	Frankreich
1848	März	8.	England
1848	„	9.	bei Oxford
1848	„	12.	Breslau
1848	„	19.	Oderberg
1848	April	6.	Oxford
1848	„	12.	„
1848	„	15.	Whitesville
1848	„	18.	England
1848	„	30.	London +
1848	Mai	7.	Bonn
1848	„	10.	Woodstock
1848	„	19.	Schlesien
1848	„	19.	Castine in Nord-Amerika
1848	„	24.	Aachen
1848	Juli	12.	Nottingham
1848	„	13.	Stone Easton
1848	„	15.	Nottingham
1848	„	18.	Bonn
1848	„	23.	„
1848	„	29.	Berkshire
1848	„	29.	Aachen, Bonn
1848	Aug.	2.	Paris
1848	„	21.	Nottingham
1848	„	28.	Aachen
1848	„	29.	Paris
1848	Sept.	1.	Saffres
1848	„	4.	Wolverhampton
1848	„	7.	Paona in Indien
1848	„	8.	Pisa
1848	„	24.	Nottingham
1848	„	28.	Parma
1848	Oct.	5.	Nottingham
1848	„	18.	„
1848	„	27.	Oxford

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1848	Oct.	27.	Nottingham, mit voriger nicht identisch
1848	„	29.	Bombay
1848	Nov.	1.	„
1848	„	5.	„
1848	„	15.	Aachen
1848	„	16.	Bombay
1848	„	17.	Oxford
1848	„	21.	„
1848	„	27.	Paris
1848	„	29.	Grantham
1848	Dec.	2.	Kremsmünster
1848	„	10.	Leipzig
1848	„	11.	Aachen
1848	„	27.	Krogstad
1849	Jan.	9.	Edinburg
1849	„	28.	Bath
1849	Febr.	10.	Nottingham
1849	„	19.	Bombay
1849	„	24.	Madras
1849	„	28.	Oxford
1849	März	6.	London +
1849	„	19.	Ostindien, wahrscheinlich zwei verschiedene Feuerkugeln
1849	„	23.	Bombay
1849	„	26.	Cochin +
1849	April	4.	Delhi
1849	„	10.	Asenednuggur
1849	„	13.	Nottingham
1849	„	19.	Bombay
1849	„	30.	Paona
1849	„	30.	Lüttich
1849	Mai	2.	Bombay
1849	„	6.	Kurrachee (Indien)
1849	„	8.	Nottingham
1849	„	26.	Bonn
1849	„	31.	Boberstein
1849	Juni	16.	Paris +
1849	„	17.	Cambridge (Nord.-Am.)
1849	„	25.	Kurrachee +
1849	„	27.	Nottingham
1849	„	30.	„
1849	Juli	10.	„
1849	„	23.	Oxford
1849	„	27.	Porebunder (Indien)
1849	Aug.	3.	Nottingham
1849	„	6.	bei Oxford
1849	„	11.	Saarbrück
1849	„	16.	Leobschütz +
1849	„	25.	Chesterfield
1849	Sept.	3.	Belton
1849	Oct.	20.	Hartwell +
1849	„	28.	Leipzig
1849	„	31.	Nord-Carolina
1849	Nov.	2.	Flintshire, Nottingham
1849	Nov.	5.	Chester
1849	„	7.	Bombay +
1849	„	8.	„
1849	„	9.	Asseerghur in Indien +
1849	„	12.	Köln
1849	„	13.	Breslau
1849	„	19.	Bonn
1849	Dec.	4.	Nottingham
1849	„	12.	Camp Bohnal in Indien
1849	„	19.	Nottingham
1849	„	21.	New-Haven
1849	„	23.	Nottingham
1849	„	23.	in Leicestershire
1849	„	30.	Hartwell
1850	Jan.	8.	Bonn
1850	„	30.	Cherbourg
1850	Febr.	3.	Hartwell
1850	„	5.	Sandwich in Kent
1850	„	10.	über dem indischen Meere
1850	„	11.	Derby +
1850	„	13.	Bonn
1850	„	22.	Mittel-Europa
1850	„	23.	Bonn
1850	„	26.	bei Nottingham
1850	März	6.	Surat in Ostindien
1850	„	7.	Nottingham
1850	März	17.	Aylesbury
1850	April	1.	Aden +
1850	„	6.	Ittendorf
1850	„	18.	Dessau
1850	„	21.	Breslau +
1850	Mai	2.	bei Bombay
1850	„	21.	Bonn +
1850	Juni	1.	Nottingham
1850	„	5.	Caen, Bonn
1850	„	6.	Dijon
1850	„	7.	Herrenberg
1850	„	10.	Kishnaghur (Indien)
1850	„	16.	New-Haven
1850	„	22.	Spanien
1850	„	24.	Aigle
1850	Juli	1.	Bombay
1850	„	4.	Nottingham
1850	„	5.	Grantham
1850	„	6.	Südfrankreich
1850	„	8.	Toulouse
1850	„	15.	Paris
1850	„	23.	Leipzig
1850	Aug.	4.	Radeberg
1850	„	5.	Marburg
1850	„	10.	Cöln, Paris, England
1850	„	11.	Radeberg
1850	„	12.	Paris
1850	„	13.	England
1850	„	14.	Nottingham
1850	„	16.	Marburg

Digitized by Google

Verzeichniss derjenigen Feuerkugeln, deren Erscheinen bezüglich der Zeit genau bestimmt ist.

n. Chr.			
1850	Aug.	22.	Nottingham
1850	Sept.	4.	Grantham
1850	„	7.	Toulouse
1850	„	19.	Neunkirchen
1850	„	21.	Darlington
1850	„	30.	Nordamerika
1850	Oct.	6.	Aachen
1850	„	9.	Hereford
1850	„	13.	Toronto
1850	„	24.	Bonn
1850	Nov.	6.	bei Bombay
1850	„	13.	Oxford
1850	„	14.	Bone Ghaut in Ostindien
1850	„	15.	Berlin
1850	„	23.	Highfield House
1850	„	24.	Breslau
1850	„	28.	England
1850	„	29.	Oxford
1850	Dec.	5.	Nottingham
1850	„	8.	Shorapore
1850	„	9.	Yorkshire
1850	„	11.	Senftenberg
1850	„	24.	Frankreich
1851	Jan.	11.	Aachen
1851	„	14.	Senftenberg
1851	„	22.	Aachen
1851	Febr.	18.	Paris
1851	„	22.	Neunkirchen
1851	April	17.	Gütersloh
1851	„	18.	Elberfeld
1851	„	19.	Aachen
1851	Mai	18.	Freiberg
1851	Juli	6.	Paris. Stillstand
1851	Aug.	10.	Frankfurt
1851	„	21.	Cherbourg
1851	Sept.	24.	Aachen
1851	„	26.	„
1851	Nov.	3.	Verden
1851	„	18.	Cherbourg
1851	„	20.	Krakau
1852	Jan.	3.	„
1852	„	4.	„
1852	„	19.	Leipzig
1852	April	2.	Toulouse
1852	„	12.	Bern
1852	Mai	11.	Dieppe, Fulda
1852	Juni	12.	Pegu
1852	Juli	5.	Holland
1852	„	6.	„
1852	„	23.	„
1852	Aug.	12.	England, Deutschland +
1852	Sept.	4.	Mezö-Madaras +
1852	„	28.	Breslau
1852	Oct.	5.	Paris +
1852	Nov.	24.	„ +
1852	Dec.	9.	Krakau
1852	Dec.	11.	Krakau
1852	„	13.	Leipzig
1852	„	28.	Paris +
1853	Jan.	16.	Kremsmünster
1853	„	29.	Erlangen
1853	Febr.	4.	Krakau
1853	Juni	14.	Münster
1853	Aug.	11.	Paris +
1853	Oct.	25.	Münster
1853	Dec.	21.	Olmütz
1854	Jan.	1.	Hermannstadt
1854	„	2.	Königsberg
1854	„	21.	Neunkirchen
1854	März	1.	Schweiz
1854	„	3.	Münster
1854	„	8.	Zurzach
1854	„	12.	Linz
1854	„	19.	Eschweiler
1854	April	1.	Senftenberg
1854	„	4.	Krakau
1854	„	8.	Kremsmünster
1854	„	13.	Leipzig
1854	„	14.	Bamberg
1854	Mai	15.	Krakau
1854	„	18.	Leutschau
1854	Juli	2.	Krakau
1854	„	14.	Senftenberg
1854	Sept.	2.	Kahlenberg
1854	„	5.	„
1854	„	6.	„
1854	Oct.	3.	Ademont
1854	Nov.	11.	Münster
1854	„	16.	Heppens
1854	Dec.	8.	Wien
1854	„	9.	Schüttenhafen
1854	„	24.	Wien
1855	Jan.	15.	„
1855	„	23.	Bautzen
1855	„	29.	Malmö
1855	April	11.	Kronstadt
1855	„	16.	Zara
1855	„	25.	Lützenkirchen
1855	Mai	7.	Parma
1855	„	24.	Civita Vecchia
1855	Juli	11.	Parma
1855	Sept.	8.	Rom
1855	„	22.	Wien
1855	Oct.	1.	Kahlenberg
1855	„	14.	Hermannstadt
1855	„	16.	Wallersdorf
1855	„	25.	Senftenberg
1855	Nov.	8.	Neunkirchen
1855	Dec.	8.	St. Magdalena
1855	„	27.	Zürich
1855	„	28.	Gera

Digitized by Google

Der Uebergang von den Feuerkugeln zu den Sternschnuppen ist ein allmählicher, so dass sich in Bezug auf die Totalität der äussern Erscheinung kein Unterschied zwischen beiden feststellen lässt. Während von den grössten Feuermeteoren, die durch ihr Licht alles taghell erleuchten und mit donnerndem Knalle zerspringen, bis herab zu den kleinen Meteoren dieser Art, welche an Helligkeit der Venus gleichkommen und einen strichartigen, phosphorischen Schweif besitzen, eine grosse Menge von Zwischengliedern existiren: so auch von dieser Grenze aus bis zu den kleinsten Sternschnuppen, die sich, schwach leuchtend und mit langsamer Bewegung begabt, bisweilen nur dem bewaffneten Auge zeigen, oder als dunkler Punkt vor dem hellern Himmelsgrunde sichtbar werden, wie letzteres Heis mehrfach beobachtet hat.

Sternschnuppen erscheinen zu allen Zeiten des Jahres ungleich zahlreicher als die Feuerkugeln, es gibt keine Nacht, in welcher dergleichen nicht sichtbar wären.

Unterscheidet man zwischen sporadischen und periodischen Sternschnuppen, so hat man für die erstgenannten nach Julius Schmidt's früheren Untersuchungen, im jährlichen Mittel die stündliche Zahl von 4 bis 5 für einen Beobachter. Herrick in New-Haven gibt 7 bis 8 an, Coulvier-Gravier 6 für dieselbe Dauer. Letztgenannter und Saigey geben folgende Tabelle der stündlichen Mittelzahl sporadischer Sternschnuppen für die verschiedenen Monate.

Januar	3,6	Juli	7,0
Februar	3,6	August	8,2
März	2,7	September	6,8
April	3,7	October	9,1
Mai	3,8	November	9,5
Juni	3,2	December	7,2

Diese Zahlen beziehen sich sämmtlich auf die Mitternachtstunde, weil sich, wie Coulvier-Gravier nachgewiesen, die stündliche Häufigkeit der Sternschnuppen im Verlaufe der Nacht ändert. Derselbe Beobachter machte die Bemerkung, dass nach Mitternacht durchschnittlich das Maximum eintrete, und zwar für alle Orte, so dass eine Wirkung der Längendifferenz nicht hervortrete. Dieses heute nicht mehr zweifelhafte Factum hat den französischen Beobachter später nach und nach zu der Ansicht verleitet, in den Sternschnuppen Producte unserer Atmosphäre zu erblicken, eine Meinung, die, wie Schmidt treffend bemerkt, durch unsere Kenntniss der perspectivischen Divergenzpunkte und der planetarischen Geschwindigkeit der Sternschnuppen hinreichend widerlegt wird.

Coulvier-Gravier gibt folgende Zahlen für die mittlere stündliche Zahl der Meteore:

Digitized by Google

Von	5	bis	6	Uhr	7,2	Sternschn.	Von	12	bis	13	Uhr	10,7 Sternschn.
„	6	„	7	„	6,5	„	„	13	„	14	„	13,1 „
„	7	„	8	„	7,0	„	„	14	„	15	„	16,8 „
„	8	„	9	„	6,3	„	„	15	„	16	„	15,6 „
„	9	„	10	„	7,9	„	„	16	„	17	„	13,8 „
„	10	„	11	„	8,0	„	„	17	„	18	„	13,7 „
„	11	„	12	„	9,5	„	„	18	„	19	„	13,0 „

Ungleich umfassendere Untersuchungen über diesen Gegenstand hat Schmidt in Athen angestellt. Die nachstehende Zusammenstellung seiner Resultate verdanke ich der Freundlichkeit dieses überaus thätigen Beobachters. Die Zahlen gelten für einen Beobachter bei klarer, mondloser Luft.

Tafel der stündlichen Häufigkeit der Meteore (hauptsächlich nach Athener Beobachtungen).

Stunde:	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5
Januar	4,0	4,2	4,8	5,7	7,0	8,9	11,6	14,3	**16,0**	15,5	13,1	10,3
Februar	3,0	3,3	4,0	4,2	4,5	5,3	6,5	7,8	9,5	**10,3**	9,1	6,9
März	—	4,0	4,4	5,0	5,9	7,2	9,8	12,5	**13,8**	12,0	8,7	—
April	—	3,5	4,0	5,7	8,0	10,1	**11,1**	10,3	8,8	6,3	—	—
Mai	—	—	5,6	6,4	7,0	7,8	8,3	9,0	**9,1**	8,3	—	—
Juni	—	—	5,5	6,0	6,9	7,8	9,2	10,8	**11,5**	10,8	—	—
Juli 1 bis 20	—	—	5,0	6,3	8,7	10,7	12,5	13,9	15,0	**15,5**	14,8	—
„ 20 „ 31	—	—	6,1	10,2	14,7	19,0	23,7	27,0	**28,0**	24,8	19,7	—
August 1 „ 5	—	—	9,0	12,5	16,8	21,6	25,9	30,1	**32,0**	29,8	—	—
„ 6 „ 19	—	—	12,0	17,6	21,0	25,7	30,8	36,0	41,0	**43,3**	—	—
„ 10 „ 13	—	—	16,8	25,7	34,0	43,0	52,5	62,0	69,1	**71,6**	—	—
„ 14 „ 23	—	—	11,2	12,7	14,9	17,0	**18,3**	18,2	17,2	15,5	—	—
„ 24 „ 31	—	—	7,6	8,3	9,7	11,0	17,0	15,2	17,0	**17,3**	16,9	—
Sept. 1 „ 15	—	—	7,5	8,0	9,2	10,9	12,6	14,3	15,0	15,0	14,0	—
„ 16 „ 30	—	—	7,0	7,3	8,0	9,2	10,7	12,0	**12,2**	11,9	10,7	—
October 1 „ 19	—	7,1	7,9	8,8	10,0	12,3	15,7	17,7	23,8	26,8	**28,0**	25,5
„ 19 „ 31	6,2	7,6	9,5	11,0	13,4	17,0	22,0	28,2	35,0	**38,7**	36,0	29,4
Novbr. 1 „ 14	6,9	7,8	8,8	10,0	12,0	14,6	18,7	23,0	25,9	**26,2**	23,4	19,0
„ 14 „ 30	7,7	8,4	9,1	10,1	11,1	12,7	15,0	17,5	19,6	**20,5**	20,0	18,0
December . . .	5,5	7,0	9,0	11,9	14,9	17,4	14,6	21,0	**21,2**	20,0	17,4	14,0

Die Maxima sind durch fettere Zahlen hervorgehoben und man bemerkt sofort, dass sie durchschnittlich auf 3 Uhr Morgens fallen, übereinstimmend mit den Angaben von Coulvier-Gravier.

Digitized by Google

Die Erklärung dieser merkwürdigen Thatsache hat zuerst Schiaparelli in seinen bekannten Briefen an Peter Secchi gegeben, indem er nachwies, dass in Folge der Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne mit Nothwendigkeit das Maximum der Häufigkeit der Sternschnuppen in den Morgenstunden gegen 6 Uhr eintreten muss. Die Zahlen für die mittlere stündliche Häufigkeit, welche der Mailänder Astronom auf theoretischem Wege unter der Annahme eines allgemeinen jährlichen Mittels von 10,65 Meteoren in der Stunde findet, stimmen sehr gut mit den Beobachtungsresultaten überein. Doch muss hervorgehoben werden, dass das wahre Maximum, selbst wenn man die Dämmerung mit in Anschlag bringt, noch immer mehr als zwei Stunden früher beobachtet wird wie die Rechnung nach Schiaparelli ergibt. Dieser Unterschied ist wahrscheinlich ein Resultat der fortschreitenden Bewegung des ganzen Sonnensystems im Raume.

Im weitern Verlaufe seiner Untersuchungen fand Schiaparelli auf der Basis der Annahme einer gleichen Vertheilung der Sternschnuppen im Raume und der von Coulvier Gravier gegebenen Zahlen, das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten der Sternschnuppen und der Erde = 1,447, und zog hieraus den Schluss auf die parabolischen Bahnen der Meteore.

Durch Schiaparelli's Untersuchungen hauptsächlich hat die möglichst scharfe Bestimmung der Radiationspunkte der Sternschnuppen ein hohes Interesse erlangt.

Professor Heis in Münster hat seit 27 Jahren, theils selbst, theils in Gemeinschaft mit einer grossen Anzahl von Beobachtern, systematische Observationen der Sternschnuppen angestellt; die Discussion der Gesammtheit dieser Beobachtungen hat den genannten Gelehrten folgende Radiationspunkte zu den verschiedenen Zeiten des Jahres an der nördlichen Himmelskugel erkennen lassen:

		Rectascension	Declination			Rectascension	Declination
Januar	1. bis 15.	28°	+ 50°	März	16. bis 31.	176°	+ 16°
		145	51	April	1. bis 15.	84	45
		227	54			180	49
		290	84			185	22
Januar	16. bis 31.	30	61			260	86
		35	87	April	16. bis 30.	10	54
		169	45			58	66
		227	60			160	49
Februar	1. bis 14.	61	56			199	14
		171	56			275	83
		Nordpol				277	38
März	1. bis 15.	15	80	Mai	1. bis 31.	202	9
		50	49			232	27
		120	54			315	79
		181	6			325	55
März	16. bis 31.	150	47	Juni	1. bis 30.	158	83

Digitized by Google

		Rectascension	Declination
Juni	1. bis 30.	242°	+ 12°
		292	15
		333	42
Juli	1. bis 14.	20	85
		41	62
		262	12
		315	54
Juli	16. bis 30.	51	55
		320	70
		Nordpol	
August	1. bis 14.	51	55
		297	68
		345	85
August	15. bis 30.	35	61
		295	79
		306	59
		314	15
September	1. bis 16.	35	63
		53	35
		130	84
		293	57
		343	10
September	16. bis 30.	1°	+ 11°
		44	63
		46	37
		65	84
		311	65
October	1. bis 15.	45	32
		51	61
		105	88
		315	65
November	1. bis 15.	15	62
		55	16
		148	24
		279	56
November	16. bis 30.	15	62
		45	44
		Nordpol	
December		21	54
		112	39
		123	78
December	18. bis 30.	37	59
		235	52
		340	84

Für die südliche Hemisphäre haben sich in den Beobachtungen des unermüdlichen Neumayer folgende Radiationspunkte gezeigt:

	Rectascension	Declination
Januar	105°	— 27°
	145	— 40
Februar	105	— 45
	174	— 52
März	125	— 38
	174	— 30
	192	— 38
April	194	— 30
	280	— 38
	126	— 42
Mai	212	— 49
	248	— 46
Juni	253	— 37
	269	— 11
	305	— 7
Juli	284	— 40
Juli	258	— 20
Juli	354°	— 46°
	50	— 85
August	250	— 35
	337	— 10
	325	— 38
September . . .	346	— 3
	305	— 36
	340	— 30
October	10	— 35
	347	— 11
	50	— 4
	307	— 47
November . . .	22	— 35
	90	— 34
December . . .	85	— 37
	115	— 38
	148	— 34

Ich habe hier absichtlich derjenigen Radiationspunkte nicht gedacht, welche aus den Beobachtungen von Coulvier-Gravier abgeleitet worden sind, weil die Aufzeichnungsmethode dieses Beobachters, neben derjenigen des

Digitized by Google

Professor Heis, keineswegs genügende Sicherheit darbietet. Das einzige Mittel, zu einigermaassen verlässlichen Resultaten zu gelangen, besteht in der aufmerksamen Verfolgung der auftauchenden Meteore zwischen den Sternen hindurch und der unmittelbaren Einzeichnung der Bahn in bereit liegende, nach passender Projection entworfene Karten.

Die Farben der Sternschnuppen sind, wie bei den Feuerkugeln, sehr verschieden. Nach Schmidt waren von 5671 Sternschnuppen

75,8	Procent	weiss
15,9	„	gelb
5,7	„	roth
2,6	„	grün

Im Durchschnitt scheinen sich die meisten Sternschnuppen in Höhen von 10 bis 15 Meilen zu bewegen, einzelne steigen bis zu einer Meile gegen den Erdboden herab. Nach dem Vorgange von Heis, der in den Jahren 1851 und 1854 mit Vortheil den elektrischen Telegraphen zu correspondirenden Beobachtungen der Sternschnuppen verwandte, hat seit 1862 Secchi zwischen Rom und Civita Vecchia auf diesem Wege Parallaxenbestimmungen erhalten. Bei der $8^3/_4$ geographischen Meilen betragenden Entfernung der beiden Beobachtungsorte war die Parallaxe in der Nähe des Zeniths häufig gross genug, um das Meteor aus einem Sternbilde in das andere zu versetzen. Nahe dem Scheitelpunkte blieb die Parallaxe durchgängig nicht kleiner als 20 bis 30 Grad.

Das Erkennen einer periodischen Wiederkehr in der Erscheinung grosser Sternschnuppenschwärme datirt aus dem Anfang unsers Jahrhunderts. Freilich hatte schon 1762 Musschenbroek auf die Häufigkeit der Sternschnuppen im August hingewiesen, aber erst Thomas Forster und Quetelet haben die periodische Wiederkehr zahlreicher Meteore um den 10. bis 12. August herum mit Bestimmtheit erkannt. Der ungeheure Sternschnuppenfall in der Nacht vom 12. zum 13. November 1833 leitete durch Analogie auf die Periodicität der Novembermeteore. Eifrige und von Erfolg gekrönte Nachforschungen in alten Annalen und Manuscripten haben gezeigt, dass die Wiederkehr dieser und anderer Ströme seit Jahrhunderten, so lange die Aufzeichnungen reichen, an bestimmte Epochen geknüpft ist. Es ist mitunter schwierig, aus den alten unvollkommenen Nachrichten zu erkennen, ob man mit einem Sternschnuppenphänomen oder einem Nordlicht zu thun hat. Ueberall da wo von „feurigen Lanzen" die Rede ist, möchte ich eher an letztere Erscheinung denken.

Ich gebe in Folgendem ein Verzeichniss der historisch klar erwähnten Sternschnuppenfälle für die einzelnen Monate.

Januar.

1839 den 2. Zahlreiche Sternschnuppen zu Bossekop von Bravais beobachtet.

1839 „ 10. Gegen 5 Uhr Morgens in Solothurn viele Sternschnuppen.

Digitized by Google

1840 den 2. Zahlreiche Sternschnuppen in Belgien.
765 „ 8. „ „ „ China.
1665 „ 9. „ „ „ „ nach Boguslawski.
308 „ 20. „ „ „ „
1844 „ 26. „ „ (Boguslawski).

Februar.

814 Zahlreiche Sternschnuppen in China.
36 den 3. „ „ „ „
913 „ 8. Die Sterne flogen auf merkwürdige Weise (Chasles).
1106 „ 19. In Italien wurden einige Sternschnuppen am Tage gesehen.
1307 „ 24. Alter Styl. Sternschnuppen (nach Boguslawski's Verzeichniss).

März.

590 Sternschnuppen in grosser Anzahl (Boguslawski).
763 Die Sterne fielen so dicht wie Hagel (A. Perrey).
687 den 16. v. Chr. Sternschnuppenregen in China.
1811 „ 18. Zahlreiche Meteore in England von Th. Forster gesehen.
15 „ 25. v. Chr. Zahlreiche Meteore in China.
1839 „ 11. — 12. „ „ „ Solothurn gesehen.
1847 „ 11., 12., 18., 24., 25., 27. (Boguslawski).

April.

1093 Im Westen fielen Sterne vom Himmel (Chasles).
1008 den 1. Sternschnuppen in China.
401 „ 9. „ „ „
1093 und 94 den 10. Viele Sternschnuppen (Chasles und A. Perrey).
1095 den 10. — 12. Sterne wie Hagel zur Zeit des Concils zu Clermont.
1096 „ 10. Sterne wie Hagel (Chasles).
1122 und 23 den 11. Regen von Sternen (Chasles).
839 den 17. Grosse Erscheinung in China (Biot).
927 „ 17. „ „ „ „ „
934 „ 18. „ „ „ „ „
1838 „ 20. 154 Meteore in 7 Stunden zu Tennessee beobachtet.
1803 „ 22. Viele Sternschnuppen in Virginien und Massachusetts gesehen.

Mai.

824 Erscheinung in China.
839 den 13. Die Sterne fliegen Nachts nach allen Seiten (Chasles).
965 „ 18. Nach Boguslawski.
1706 „ 12. „ „

Digitized by Google

1782 den 15. Im Rheinthale Abends gegen 9 Uhr „raketenmässiges Schiessen der Sterne“ (Monatliche Nachrichten 1782).

Juni.

36 v. Chr. Sternschnuppen in China.
1554 den 11. „ (Boguslawski).
1777 „ 17. „ „
1799 „ 15. (20.) „ „

Juli.

784 den 14. Viele Meteore in China.
714 „ 19. „ „ „ „
841 „ 25. „ „ „ „
830 „ 26. „ „ „ „
835 „ 26. „ „ „ „
924 „ 26. — 28. „ „ „ „
925 „ 27. — 28. „ „ „ „
833 „ 27. „ „ „ „
926 „ 27. „ „ „ „
933 „ 25. — 30. „ „ „ „
1293 „ 26. „ „ „ „
1784 „ 12., 26. — 27. Zahlreiche Sternschnuppen (Mannh. Ephem.).
1785 „ 27. Zahlreiche Sternschnuppen in Prag gesehen.
1840 „ 26. „ „ „ Deutschland.
1848 „ 28. „ „ „ Aachen von Heis gesehen.
1849 „ 28. — 29. Zahlreiche Sternschnuppen in Bonn von Schmidt gesehen.
1864 „ 26. 48 Sternschnuppen in 2 Stunden zu Münster gesehen.
1865 „ 26. — 29. Die grösste Anzahl erschien am 28.

August.

268 Zahlreiche Meteore in China.
1029 „ Sternschnuppen mit grossem Geräusch und Leuchten (Soyuti Geschichte von Kairo).
1826 den 3. Zahlreiche Sternschnuppen nach Olbers.
865 „ 5. „ „ in China.
1451 „ 5. „ „ „ „
1819 „ 6. „ „ nach Kämtz.
1709 „ 8. Zahlreiche Sternschnuppen in Zürich „viele fallende Sterne“ nach Scheuchzer.
1781 „ 8. Zahlreiche Sternschnuppen in Boston.
1779 „ 9. „ „ „ Neapel nach Hamilton.

Digitized by Google

1784 den 6. — 9. Zahlreiche Sternschnuppen (Mannh. Ephem.).
1789 „ 9. Zahlreiche Sternschnuppen von Spallanzani auf dem M. Cimone gesehen.
1798 „ 9. Zahlreiche Sternschnuppen in Nordamerika.
1799 „ 9. „ „ „ Göttingen von Brandes gesehen.
1804 „ 9. Zahlreiche Sternschnuppen. Viele Meteore von Benzenberg in Hamburg gesehen.
1806 „ 10. Zahlreiche Sternschnuppen in England nach Forster.
1815 „ 10. „ „ nach Chladni.
1822 „ 10. „ „ in New-York.
1831 „ 10. „ „ „ Westindien.
1833 „ 10. „ „ „ Worcestershire.
1800 „ 10. — 11. Sehr viele Meteore in England.
1836 „ 8. — 10. Sehr zahlreiche Meteore, besonders am 9. Nach Walferdin in der Nacht vom 8. zum 9. zu Bourbonne-les-Bains stündlich 316 Meteore.
1837 „ 9. — 11. Gleichfalls sehr zahlreiche Meteore in Europa und Amerika. Als Radiationspunkte gibt Wartmann in Genf α Drache und β Bärenhüter an.
1838 „ 9. — 11. Zahlreiche Meteore.
1839 „ 9. — 11. Sehr zahlreiche Meteore auf beiden Erdhälften. Das Maximum trat ein am 10. Von hier ab hat sich das Phänomen regelmässig alle Jahr wiederholt. Coulvier-Gravier hat aus seinen Beobachtungen, reducirt auf die Mitternachtsstunde, eine periodische Zu- und Abnahme der Intensität gefunden. Hiernach trat das Maximum im Jahre 1848 ein.
1840 den 9. — 13.
1841 bis 42 den 9. bis 11. } Viele Sternschnuppen.
1843 den 9. — 13.
1823 „ 15. Zahlreiche Meteore in Tübingen gesehen.
1824 „ 15. „ „ „ England „
1716 „ 18. „ „ „ ganz Europa.
1842 „ 21. Zwischen 11 und 12 Uhr Nachts sehr zahlreiche Meteore in Lyon.
1037 „ 27. Meteore in China.
1063 „ 28. „ „ „
532 „ 30. „ „ „

September.

1820 „ 2. Viele Meteore in England von Forster gesehen.
585 „ 6. „ „ (Abel Rémusat).
925 „ 21. Viele Meteore (Boguslawski).

Digitized by Google

1840 den 21. Zwischen 7 und 10 Uhr Abends sah Wartmann in Genf 106 Meteore.
1841 „ 9. Zahlreiche Sternschnuppen in Genf gesehen. Zwischen 9 und 11 Uhr über 23 stündlich.
585 „ 26. Viele Sternschnuppen (Boguslawski).

October.

912 Meteorschauer (Boguslawski).
1399 In Italien.
1623 den 10. „ China.
1436 „ 11. „ „
1847 „ 12. Heis in Aachen, viele Meteore.
1831 „ 13. Sehr viele Meteore in Deutschland.
1439 „ 14. In China.
1798 „ 14. Göttingen, viele Meteore von Brandes gesehen.
1743 „ 15. Sehr viele Sternschnuppen zwischen 9 u. 10 Uhr Abends in England.
1741 „ 17. Sehr viele Sternschnuppen in Aachen von Heis gesehen.
1838 „ 18. Meteore im Departement Ardèche gesehen.
1726 „ 19. Zahlreiche Meteore (Boguslawski).
1202 „ 19. Die Sterne flogen wie Heuschrecken (Soyuti, Geschichte von Kairo).
1002 „ 20. In China.
855 „ 21. Zahlreiche Sternschnuppen von arabischen Schriftstellern erwähnt.
856 „ 21. Zahlreiche Sternschnuppen, von arabischen Schriftstellern erwähnt.
1766 „ 21. Zahlreiche Sternschnuppen (Heis).
1848 „ 20. — 26. Zahlreiche Sternschnuppen von Heis gesehen.
902 „ 23. Zahlreiche Sternschnuppen in der Todesnacht Ibrahim ben Ahmeds.
1199 „ 23. Sternschnuppenschauer (Boguslawski).
1805 „ 23. „ „ „ in Deutschland.
1101 „ 24. „ „ „ (Boguslawski).
1845 „ 24. „ „ „ von Heis gesehen.
1533 „ 24. nocta visa sunt multa millia stellarum cadere (Chronik von Wittenberg).
979 „ 28. „grewliche Feuerzeichen am Himmel als ob zwei oder drei Heer gegen einander zögen“. (Braunschw. Chronik).
1366 „ 30. Ungemein zahlreiche Sternschnuppen in Prag gesehen.

November.

Es werden hier chronologisch, meist nach Boguslawski's Zusammenstellung, hauptsächlich blos die Epochen der vorzüglichsten Stern-

Digitized by Google

schnuppen-Erscheinungen aufgeführt. Einzelnheiten, besonders über die neuere Beobachtung des Schwarmes vom 13. bis 14. November folgen unten.

585 den 12. (nach Chasles).
837 „ 12. In China.
899 „ 18. „ Egypten.
901 „ 30. (nach Herrick).
970 „ 8. In China.
1199 „ 8. „ Arabien.
1533 „ 3. In China, sehr bedeutend.
1582 „ 7. — 8. In Genf und Zürich fiel Feuer vom Himmel.
1584 „ 28. In Zürich nach Guggenbühl's Chronik.
1586 „ 25. „ „ „ „ „
1602 „ 7. In China.
1606 „ 15. In Siebenbürgen.
1698 „ 8. — 9. Grosser Sternschnuppenfall in Genf. Am 9. 4 Uhr früh viele Sternschnuppen in Zürich.
1787 „ 9. — 10. Viele Meteore in Mannheim von Hemmer gesehen.
1787 „ 10. Viele Meteore in England gesehen.
1799 „ 12. Grosse Meteorschauer in der ganzen Nordhalbkugel der Erde, Maximum zwischen 2 und 4 Uhr früh nach Humboldt in Cumana.

1813 „ 8. — 10.
1818 „ 13., 17., 19.
1820 „ 12.
1822 „ 12.
1826 „ 6. — 7.
1828 „ 11. — 12.
} Mehr Meteore als gewöhnlich.

1831 „ 13. Zu Brunneck in Tyrol sah man gegen 6 Uhr früh plötzlich sehr viele Meteore, das Gleiche bemerkte Capitän Brérard gegen 4 Uhr früh an der spanischen Küste.
1832 „ 12. — 13. Sehr viele Meteore in Europa, Nordamerika und Arabien. Olmstedt und Twining wurden dadurch zuerst auf die Idee einer Periodicität der Novembermeteore geführt.
1833 „ 12. — 13. Grossartiger Sternschnuppenfall.
1834 „ 13. — 14. Viele Meteore. Olmstedt in New-Haven bestimmte das Maximum auf 1 Uhr 4 Minuten.
1836 „ 11. — 14. In Breslau trat am 12. um 4 bis 5 Uhr früh ein Maximum ein; Herschel sah am Cap nur wenige Meteore. Herrick dagegn zählte 150 in einer Stunde. Olmstedt bestimmte als Radiationspunkt 145° A R und + 25° D. In Breslau wurden in der Nacht vom 13. bis 14. von 3 Uhr bis 5 Uhr 50 Min.

Digitized by Google

1836 den 11. — 14. 146 Meteore gesehen. Aus diesen und den Berliner Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass das Maximum ziemlich plötzlich gegen $5^1/_2$ Uhr früh eintrat.

1837 „ 13. — 14. Viele Meteore. Radiationspunkt nach Olmstedt 146^0 A R + 24^0 50′ D; Maximum zwischen 4 und 5 Uhr früh.

1838 „ 13. — 14. Zahlreiche Meteore. Nach Focke in Bremen Radiation meist im Drachen, Maximum nach Mitternacht. In Wien war das Maximum, nach sehr genauen Beobachtungen, etwa um 4 Uhr früh und die Anzahl der Meteore von $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ Uhr = 381. In London soll zwischen 3 Uhr 35 Min. bis 55 Min. ein plötzliches Maximum (mehr als 400 Meteore) eingetreten sein. Zu Lamballa will ein Beobachter zwar nur ein Meteor aber eine ungemeine Helligkeit der Atmosphäre bemerkt haben. Auch in Amerika waren die Meteore sehr zahlreich; Radiation meist aus dem grossen Löwen. Herschel bemerkte gleichzeitig am Cap ein Polarlicht.

1839 „ 12. — 13. In Breslau am 12. von 3 bis 4 Uhr = 242 Meteore, am 13. von 12 bis 13 Uhr = 318. In Amerika war wenig gesehen worden.

1840 „ 10. Von Wartmann in Genf von $9^1/_4$ bis 16 Uhr = 222 Meteore gesehen. An den anderen Tagen wenig. Mondschein.

1841 „ 12. bis 14. In Europa nichts besonderes. Dagegen sah Herschel auf St. Helena am 12. von 8 Uhr — 16 Uhr 40 Min. 102 Meteore. Maximum zwischen 3 und 4 Uhr mit 29 Meteoren in der Stunde.
In der Nacht vom 13. bis 14. wurden in Breslau stündlich 45 Meteore bemerkt, meist aus dem Perseus.

1842 „ 11. — 15. Am zahlreichsten waren die Meteore in der Nacht vom 11. zum 12., doch sah man in Rochester am 15. Nov. früh um 1 Uhr 150 bis 200 Sternschnuppen, während Quetelet in derselben Zeit ungemein wenig bemerkte.

1843 — 45 wenig; meist trüb.

1846 den 12. — 13. In Wien wurden 239 Meteore gesehen. Heis in Aachen setzte ein Maximum auf 11 bis 12 Uhr mit 37 Sternschnuppen stündlich, und meist aus Perseus.

1847 — 48 den 12 — 13. Viele, meist kleine Meteore.

1849 den 12. — 13. Am 12. von $10^1/_2$ — $11^1/_2$ Uhr in Breslau 88 Meteore.

Digitized by Google

1849 den 12. — 13. Am 13. von $10\frac{1}{2}$ — $11\frac{1}{2}$ Uhr in Breslau 29 Meteore.

In den folgenden Jahren blieb die Erscheinung mit geringen Schwankungen ziemlich constant, doch im Ganzen wenig bedeutend. Ueber die herrlichen Erscheinungen seit 1866 wird weiter unten specieller die Rede sein.

December.

786			Im December sah man „feurige Lanzen" am Himmel.
848	den	1.	sah man „mitten in der Nacht feurige Lanzen" am Himmel.
883			Zu Anfang des December viele Sternschnuppen in China.
1769	„	1.	Viele Sternschnuppen zu Elbeuf gesehen.
901	„	4.	Sternschnuppen.
1576	„	5.	Viele Meteore in China.
1741	„	5.	„ „ „ Petersburg von Krafft gesehen.
1798	„	6. — 7.	Grosser Sternschnuppenfall von Brandes in Bremen gesehen. Die stündliche Anzahl soll über 100 betragen haben.
1830	„	7.	Viele Meteore von Raillard unweit Langres gesehen.
1838	„	6. — 8.	Viele Meteore in Europa und Nordamerika gesehen. Herrick in New Haven zählte am 7. von 8 bis 10 Uhr Abends 164 Meteore, meist aus der Cassiopaje.
1847	„	8. — 10.	Viele Sternschnuppen von Heis in Aachen beobacht.
1833	„	11. — 15.	„ „ „ „ Colla in Parma „
1830	„	12. — 13.	Bei Heiligenstadt im Eichsfelde Nachts 40 Feuerkugeln gesehen.
1846	„	13.	In Australien viele Meteore.
1843	„	28.	Viele Meteore in Frankreich und Deutschland gesehen.
599	„	29.	Meteorschauer in China.

Aus der vorhergehenden chronologischen Zusammenstellung scheinen sich folgende Zeitpunkte des Jahres als durch Sternschnuppenfälle ausgezeichnet zu ergeben:

Januar	den	2. — 3.	(schon von Heis erkannt)
April	„	9. — 11.	(von Arago zuerst bezeichnet)
„	„	20. — 22.	
Juli	„	25. — 30.	(worauf zuerst J. Schmidt aufmerksam gemacht)
August	„	8. — 12.	
„	„	15. — 21.	
October	„	15. — 23.	(von Heis erkannt)
November	„	11. — 14.	(zuerst von Olmstedt und Twining als periodisch erkannt).
December	„	7. — 13.	

Digitized by Google

Es ist ein auffallendes und erst in der neuesten Zeit seiner ganzen Bedeutung nach beachtetes Factum, dass manche Sternschnuppenströme ob sie gleich an bestimmte Jahrestage gebunden erscheinen, dennoch nicht jedes Jahr zurückkehren, während andere bloss eine geraume Zeit hindurch wiederkehrend beobachtet wurden, um darnach auf immer zu verschwinden.

Wenn viele Sternschnuppenströme mehrere Tage hindurch in grössten Distanzen auf der Erdoberfläche gleichzeitig sichtbar sind, so erscheint hingegen das Maximum einzelner und zwar der glänzendsten Phänomene, auf eine kurze Zeitdauer zusammengedrängt und häufig nur für einzelne Theile der Erdoberfläche bedeutsam ausgeprägt. Das plötzliche Erscheinen einer grossen Sternschnuppenmenge, nachdem kurz vor- und nachher die stündliche Anzahl nur wenig das Mittel übertrifft, hat mit Recht auf die Vorstellung von wolkenartigen Ansammlungen jener kosmisch kleinsten Körper geführt. Eine derartige Eigenthümlichkeit charakterisirt besonders den Novemberschwarm gegenüber den Meteoren der Laurentiusperiode des August. Die Ringe von Sternschnuppen, welche die Erde auf ihrer jährlichen Bahn durchsetzt, sind nicht allenthalben gleich dicht mit Meteoren besetzt, es existiren in denselben dichtere Ansammlungen, und weite, weniger dicht besetzte Stellen. Freilich könnte man dieser Ansicht entgegenhalten, dass die grössere Anzahl der periodisch sichtbaren Meteore nicht von einer ungleichen Vertheilung derselben in den Sternschnuppenringen herrühre, sondern bloss von der mehr oder minder bedeutenden Annäherung oder von dem Durchgange der Erde durch den Ring selbst. Allein bei der auffallenden Constanz in der Zeit der Erscheinung der Meteorströme lässt sich nicht wohl an eine, bei der eben angeführten Theorie nothwendige bedeutende Veränderung in der Länge des Radiusvectors der Knotenpunkte denken, um so weniger, als aller Wahrscheinlichkeit nach die Erde nicht eigentlich durch den Kern der Meteor-Wolken hindurchzugehen scheint.

Die wichtigste Bereicherung unsrer Kenntnisse von den Sternschnuppen knüpft sich an den Novemberstrom und beginnt mit dem Jahre 1799, wo diese Erscheinung in überraschender Pracht und Fülle auftrat. Humboldt hat nachzuweisen vermocht, dass das Phänomen damals auf dem ganzen nordamerikanischen Continente sichtbar war, vom Aequator bis nach Neu-Herrenhut und Lichtenau in Grönland. Es war ein förmlicher Regen von Sternschnuppen. Auch in Deutschland sah man an einigen Orten viele Meteore. Erst im Jahre 1832 erneuerte sich die Erscheinung in der Pracht von 1799, aber im nächstfolgenden Jahre entwickelte sich das Phänomen in einer Grossartigkeit die man nie geahnt. Die Erscheinung blieb diesmal auf Nordamerika beschränkt und trat am bedeutendsten auf innerhalb einer Zone, die nach Olmstedt's Untersuchung zwischen 61° und 91° westl. Länge und 18° bis 43° nördl. Breite liegt, ein Areal von 100,000 Quadr. Meilen umfassend. Die Zahl der von 9ʰ Abends bis 7ʰ Morgens sichtbaren Meteore wird auf eine halbe Million geschätzt.

Digitized by Google

Das Maximum scheint gegen 5^h mittl. Zeit von New-Haven eingetreten zu sein. Olmstedt machte bei dem Phänomen die wichtige Entdeckung, dass die überwiegend meisten Meteore aus einem Punkte von 150^0 AR und $+ 21^0$ D aufgingen. Der Punkt, nach welchem sich damals die Erde hin bewegte, liegt nach Encke's Rechnung in AR 143^0 $55'$ und $+$ 14^0 $20'$ D. Obgleich sich die Erde während der Dauer der Beobachtung um mehr als 156000 Meilen im Raume fortbewegte, blieb der Radiationspunkt doch unverrückt im Löwen und veränderte mit diesem Sternbilde Höhe und Azimuth. Um den Radiationspunkt herum befand sich ein kreisförmiger Raum von mehreren Graden, innerhalb welchem keine Sternschnuppe auftauchte. Die meisten Meteore waren geschweift, sie zerplatzten, doch ohne Geräusch, oder lösten sich in Rauch auf. Ob Etwas bei dieser Gelegenheit zur Erde gefallen, ist vielfach und in entgegengesetztem Sinne erörtert worden. Besonders zu Rahway (New Jersey) und West-Point sollen Klumpen gallertartiger Materie herabgefallen sein, allein diese Behauptungen sind nicht wissenschaftlich sicher gestellt worden.

In den folgenden Jahren erschien das Phänomen zwar auch noch sehr intensiv, allein es sank mit Ausnahme der Jahre 1836 und 1838 immer mehr von seiner Höhe. Auch in diesen beiden Jahren erschien das Maximum plötzlich. Grossartig trat die Erscheinung erst nach 1866 auf. Durch eine frühere Behauptung von Olbers, wonach die Maxima im Glanze der Novemberperiode alle 34 Jahre zu erwarten seien und durch eine neuere Arbeit von H. A. Newton in New Haven aufmerksam gemacht, hatte sich die astronomische Welt zur Beobachtung des seltenen Schauspiels wohl vorbereitet. Man darf sagen, dass mit Ausnahme der Venuspassagen wohl selten ein astronomisches Ereigniss mit einer grösseren allseitigen Aufmerksamkeit ist erwartet worden. Leider verhinderte an manchen Orten die Ungunst der Witterung den freien Anblick der Erscheinung.

Was zunächst die Zahl der sichtbar gewordenen Meteore anbelangt, so lässt sich dieselbe nur ganz beiläufig angeben; sie hängt zugleich ab von der Sehkraft, der Zahl und Aufmerksamkeit der Beobachter und dem Diaphanitätszustande des Himmels.

Von 12^h 1^m bis 1^h 7^m zählte Hind in London 1634 Meteore, aber von 1^h 7^m bis etwa 1^h 20^m war der feurige Regen so dicht, dass an ein Zählen gar nicht zu denken war. Dr. Neumayer in London schätzte die Anzahl der Meteore zwischen 1^h und 2^h auf 3960. Ein sehr gewandter Beobachter, Weber in Peckeloh, findet für die aus dem Sternbilde des Löwen aufgehenden Sternschnuppen eine Anzahl von 5000 bis 7000; zu einer fast gleichen Anzahl gelangt Terby im Löwen. Von diesen approximativen Schätzungen gehe ich über zu den genaueren Zählungen. Auf dem Observatorium von Greenwich fanden acht geübte Beobachter die stündliche Zahl der Meteore:

Digitized by Google

von	9	bis	10	Uhr	.	.	. 10
„	10	„	11	„	.	.	. 15
„	11	„	12	„	.	.	. 168
„	12	„	1	„	.	.	. 2032
„	1	„	2	„	.	.	. 4860
„	2	„	3	„	.	.	. 832
„	3	„	4	„	.	.	. 528
„	4	„	5	„	.	.	. 40

Bei dem von Seiten der Berliner Sternwarte organisirten Beobachtungssysteme wurde ein wohlbegrenztes Areal des Himmels ins Auge gefasst, dessen Mittelpunkt der Polarstern und dessen Halbmesser nahe 30 Grad war. „Die Zahl aller Sternschnuppenbahnen, deren Mitte in jenes Areal fiel, wurde in genau gemessenen Zeiträumen notirt und daraus ein Tableau abgeleitet, welches während der das Maximum einschliessenden Stunde für jede Minute die Zahl der in jenen begrenzten Gebiete wahrgenommenen Sternschnuppen angab. Diese Anzahl betrug pro Minute:

um	1^h	30^m	.	.	. 15
„	1	40	.	.	. 25
„	1	50	.	.	. 43
„	2		.	.	. 55
„	2	10	.	.	. 48
„	2	20	.	.	. 35
„	2	30	.	.	. 17

Die Fläche, welche das gewählte Areal des Himmels der uns begegnenden Sternschnuppenschaar darbot, konnte leicht in Quadratmeilen ausgedrückt werden. Man brauchte nur mit der Annahme der Höhe, welche der Mitte der sichtbaren Flugbahnen der Sternschnuppen zukam (etwa 15 Meilen), dasjenige Flächenstück zu berechnen, welches auf der durch diese Höhe bestimmten Umhüllungsfläche der Erde von einem Kegel begrenzt wurde, dessen Scheitel der Beobachter war und dessen Erzeugungslinien 30 Grad von der Richtung zum Polarstern abstanden, und brauchte dann jenes Flächenstück nur auf diejenige Ebene zu projiciren, welche unter einem rechten Winkel die Bewegungsrichtung der Sternschnuppen durchschnitt. Auf diese Weise fand sich, dass das gewählte Areal des Himmels den Sternschnuppen zur Zeit des Maximums um 2^h eine Fläche von 350 Quadratmeilen darbot, dagegen in Folge der Drehung der Erde um 1^h 30^m nur 300, um 2^h 30^m 400 Quadratmeilen. Diese Flächen mussten nun in Folge der relativen Geschwindigkeit von mindestens acht Meilen pro Secunde, mit welcher sich Erde und Sternschnuppenschaar gegen einander bewegten, in einer Minute einen Kubikinhalt ausfüllen, welcher durch Multiplication von 480 Meilen mit den Flächenausdrücken gefunden werden konnte. So ergab sich endlich, dass zwischen der Anzahl der Sternschnuppen und dem von ihnen erfüllten Raume ungefähr folgende

Digitized by Google

Beziehungen obgewaltet haben: Um $1^h\ 30^m$ kamen 15 dieser Körperchen auf 144 000 Kubikmeilen, um 2^h, 55 auf 168 000 Kubikmeilen, um $2^h\ 30^m$, 17 auf 192 000 Kubikmeilen, so dass für die durchschnittlichen Abstände der einzelnen Körper von einander, als Dichtigkeitsmaass der Schaar sich um $1^1/_2$, 2 und $2^1/_2$ Uhr der Reihe nach 21, $14^1/_2$ und 23 Meilen herausstellten. Natürlich werden diese Abstände kleiner gefunden, wenn man eine noch grössere Geschwindigkeit annimmt. Eine gute Bestätigung dieser Resultate liefert eine andere Zählung, die um die Zeit des Maximums in einem Areal des Himmels vorgenommen wurde, dessen Mitte der Strahlungspunkt im Löwen bildete und dessen Halbmesser 20 Grad war. Dieses Areal, der Lage nach stark verschieden von der obigen Polarfläche, lieferte nach demselben Rechnungsverfahren um 2^h auf einer Fläche von 830 Quadratmeilen pro Minute 125 Lichterscheinungen, also wiederum mit Hinzunahme der Geschwindigkeit der Bewegung, das Dichtigkeitsmaass des durchschnittlichen Abstandes der kleinen Weltkörper von einander zu 14,6 Meilen, fast genau übereinstimmend mit dem für dieselbe Zeit berechneten Resultate der Abzählung des Polar-Areals. Wollte man in Folge der Uebereinstimmung dieser beiden Dichtigkeitsmaasse, welche für zwei sehr verschiedene Stellen der Gesammtfläche gelten, annehmen, dass die Dichtigkeit des Falles über die ebenso projicirte Gesammtfläche des Horizonts der Sichtbarkeit (etwa 10 000 Quadratmeilen), gleichmässig gewesen sei, so würde man finden, dass in der Stunde, die das Maximum einschloss, die Fläche des astronomischen Horizontes in Brandenburg (abgeschlossen in einer Höhe von 10 Graden) über 60 000 Sternschnuppen aufgenommen habe und dass dort zur Zeit des Maximums in 10 Minuten etwa 15 000 Sternschnuppen am ganzen Himmelsgewölbe aufgeleuchtet haben."

Was das ganze Phänomen besonders charakterisirt, ist der Umstand, dass das Maximum auf einen verhältnissmässig kurzen Zeitraum zusammengedrängt war. Ich stelle die auf Berliner mittlere Zeit reducirten Augenblicke derselben, soweit die Angaben einiges Zutrauen hinsichtlich der Genauigkeit verdienen, hier zusammen:

Greenwich . . .	2^h	4^m	(Gleisher)
London	2	14	(Neumayer)
„	2	5	(Symens)
„	2	4	(Hind)
„	2	6	(Phipson)
Berlin	2	12	—
Manchester . . .	2	13	(Baxendall)
Oxford	2	12	(Quirling)
Brüssel	2	6	(Quetelet)
Rom	2	19	(Skarpellini)
Mittel	2^h	$9{,}5^m$	

Die meisten Meteore kamen aus dem grossen Löwen, nahe bei dem

Digitized by Google

Sterne γ. In dem Berichte der Berliner Sternwarte heisst es: „Die sämmtlichen Sternschnuppen jener Nacht, die wir erblickten, schienen mit Ausnahme von zwei oder drei aus einem Punkte im Sternbilde des Löwen gewissermaassen auszustrahlen. Die Richtung stimmte fast genau mit derjenigen überein, nach welcher in jener Nacht die Erde mit einer Geschwindigkeit von vier Meilen in der Secunde sich hinbewegte.“ Professor Klinkerfues und C. Börgen in Göttingen bestimmten als Radiationspunkt 148^0 AR und $+$ 22^0 D. Aus Quetelet's Beobachtungen in Brüssel ergibt sich nahe damit übereinstimmend 148^0 AR und $+$ 24^0 D. Das ist fast genau der nämliche Punkt, den 1833 Olmstedt bestimmte. Ausser diesem Hauptausgangspunkte zeigten sich noch secundäre in den Zwillingen und dem grossen Bären.

Was die wahre Höhe der Meteore über dem Erdboden beträgt, so sind hierüber nur von den Beobachtern bei Berlin Data geliefert worden. Es folgt aus denselben als Mittelwerth für die Höhe des Aufleuchtens 20 für jene des Verschwindens 11 Meilen. Aus einer grössern Anzahl (78) ähnlicher Bestimmungen hatte H. A. Newton im November 1863 Mittelwerthe von resp. 21 und 13 Meilen gefunden. Es gelang den Berliner und Brandenburger Beobachtern, die Höhe eines lichten Wölkchens, das sich am Ende einer Sternschnuppenbahn fast ringförmig entwickelt hatte, recht sicher auf $11^1/_2$ Meilen zu bestimmen und mit dem Fernrohre eine Bewegung in demselben wie das Wogen glühender Dämpfe zu erkennen. Trotz der grossen Höhe, welche jenes Wölkchen dem Einflusse von Windströmungen gänzlich enthob, bewegte es sich, seinen Ring langsam erweiternd, in der entgegengesetzten Richtung der Sternschnuppen, wie durch einen Rückstoss, und legte in dieser Richtung während der acht bis zehn Minuten, die es leuchtend blieb, noch ungefähr drei Meilen zurück.

Börgen in Göttingen hat gelegentlich des Sternschnuppenphänomens auf eine Thatsache aufmerksam gemacht, die bereits schon früher beiläufig erwähnt wurde. „Es war,“ sagt der Beobachter, „eine sehr auffallende Erscheinung in der Nacht vom 13. bis 14., die ungemeine Helligkeit der Luft, trotz der Abwesenheit des Mondlichtes. Es war wie um Mitternacht zur Sommerszeit, fast wie zur Zeit der hellsten Dämmerung. Kein Schnee lag, der diese Erscheinung hätte bewirken können. Die Helligkeit dauerte fort auch nachdem die Menge der Sternschnuppen abgenommen hatte.“ Im Jahre 1867 trat das Novemberphänomen, besonders in Europa ungleich schwächer auf als bei der Erscheinung des vorhergehenden Jahres. In Köln beobachtete der Verfasser in Gemeinschaft mit den Herren Wolff und Pfeifer. Zwischen 11 und $16^1/_4{}^h$ in der Nacht vom 13. zum 14. November erschienen am östlichen Himmel bloss 19 Meteore. Einem Vorschlage des Professors Twining folgend, war ein sehr lichtstarkes Fernrohr auf den bekannten Radiationspunkt und seine Umgebung gerichtet worden, ohne dass sich indess in dieser Weise etwas Bemerkenswerthes zeigte. Die Beobachter auf der Berliner Sternwarte

Digitized by Google

sind nicht glücklicher gewesen. Die Meteore wurden erst dann zahlreicher, als die aufgehende Sonne allen weiteren Wahrnehmungen ein Ziel setzte.

In Münster sahen Professor Heis und seine Mitbeobachter zwischen 10^h und 14^h nur 36 Sternschnuppen.

In Lennep zählte ein Beobachter, H. A. Schmidt, von 10^h 3^m bis 13^h 7^m im Ganzen 22 Meteore.

In Meppen bemerkte H. Eylert zwischen 10^h 57^m und 11^h 46^m nur 7 Sternschnuppen.

Auf der Sternwarte zu Prag sah Professor Karlinsky von 11^h bis $16^1/_4{}^h$ am Osthimmel 15 Meteore, worunter 13 aus dem Löwen.

Zu Paris zählten die Beobachter Wolf, Reyet, Lucas und André von 13^h bis $17^1/_2{}^h$ 75 Meteore, meist aus dem Löwen ausgehend. Die Mehrzahl erschien erst nach 16^h.

In Palermo zählte man gegen Morgen etwa 100 Meteore. Pater Secchi und Professor Respighi sahen zu Rom nur wenig Sternschnuppen, dagegen erblickte der letztgenannte Astronom zwischen 19^h 46^m und 20^h 30^m 5 nebelige Flecke bei der Sonne vorüberziehen.

Professor Spörer in Anklam gibt als Anzahl der in den Morgenstunden des 14. November von ihm wahrgenommene Meteore an:

14^h	bis	15^h	9	Sternschnuppen
15	„	16	13	„
16	„	17	19	„
17	„	18	29	„

Der gemeinsame Ausgangspunkt lag, besonders gegen Morgen, in der Nähe von γ Löwe.

Grossartiger erschien das Phänomen zu Kalmar in Schweden; am frühen Morgen war der Kalmarsund von Tausenden fallender Meteore erleuchtet. Am reichhaltigsten aber erwies sich die Erscheinung für Nordamerika.

Zu Toronto zählte man zwischen 16^h und 17^h 1345 Sternschnuppen, von 16^h bis 16^h 20^m allein 784. Die meisten kamen aus dem Löwen.

Zur Bestimmung von Parallaxen hatten Newcomb in Washington und Harkness in Richmond correspondirende Beobachtungen angestellt. Es ergaben sich 9 Meteore als identisch an beiden Orten gesehen. Die Höhen (in englischen Meilen) sind folgende:

Digitized by Google

Beim Aufleuchten	Beim Verschwinden
72	30
108	55
74	47
82	38
90	50
104	41
115	58
79	41
198	65
Mittel 102	47

Aus diesen Zahlen ergibt sich, da die Bahnen mit der Verticalen einen mittleren Winkel von 35° bildeten, dass die mittlere Länge jeder Bahn 67 (engl.) Meilen betrug. Die wahre Geschwindigkeit beträgt indess 44 Meilen in der Secunde; da nun die Meteorite ihre Bahn in weniger als einer Secunde, wahrscheinlich nur in einer halben durchflogen, so kann die durchschnittliche Bahnlänge nicht mehr als 22 (engl.) Meilen betragen haben. Professor Newcomb schreibt mit Recht den Grund dieser Differenz dem Bestreben des Auges zu, einem schnell fliegenden Körper einen grössern Weg zuzuschreiben, als er in der That durchläuft, wodurch namentlich der Anfangspunkt der scheinbaren Bahn zurückverlegt wird. Der genannte Astronom ist daher geneigt, die mittlere Höhe der helleren Meteore beim Aufleuchten auf 75, beim Verschwinden auf 55 Meilen über der Erdoberfläche anzunehmen.

Während des Maximums der Erscheinung wurden etwa 3000 Meteore in der Stunde gesehen. Nimmt man nun an, dass die Beobachter alle Meteore sahen, welche in einem Kreise von 150 (engl.) Meilen Durchmesser fielen, so ergibt sich bei der oben genannten Geschwindigkeit, dass in dem dichtesten Theil des Schwarmes, durch den die Erde am 13. November ging, in einem Raume von etwa 900 000 (engl.) Cubikmeilen sich eine Sternschnuppe befand.

Professor Heis hat bei Untersuchung des ihm zugegangenen Materials über die Novembermeteore von 1867, nur vier gefunden, die an zwei Orten zugleich gesehen wurden. Ihre Höhen sind in geographischen Meilen:

Beim Aufleuchten	Beim Verschwinden
9,5	6,5
20,0	11,0
10,0	8,0
20,0	6,0
Mittel 15	8

Digitized by Google

Diese Zahlen stimmen nahe mit den von Newcomb erhaltenen Werthen überein.

Grossartiger trat die Erscheinung im Jahre 1868 ein. Zwar verhinderte der regnerische Himmel an den meisten Orten Deutschlands jede Beobachtung; allein um so grossartiger erschien das Phänomen in Italien, Spanien und Nordamerika. In Rom zählten Pater Secchi und zwei Mitbeobachter am Morgen des 14. November:

von $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ Uhr	. . . . . .	211 Meteore
„ $3^1/_2$ „ $4^1/_2$ „	. . . . . .	637 „
„ $4^1/_2$ „ $5^3/_4$ „	. . . . . .	1356 „

Das wahre Maximum konnte wegen Anbruch des Tages nicht mehr festgestellt werden.

Auf der Sternwarte zu Madrid zählte man in der Nacht vom 12. bis 13. Novbr. stündlich sechs bis acht Meteore, auch in der folgenden Nacht bis 12 Uhr wenig; aber zwischen 12 und 2 Uhr sahen zwei Beobachter etwa 200 Meteore, meist aus dem Löwen kommend. Von 2 bis 3 Uhr wuchs die Zahl auf 350 und blieb bis 4 Uhr etwa so, nahm von jetzt ab indess zu und erreichte zwischen 5 und $5^1/_2$ Uhr 20 Meteore in der Minute, meist hellere als wie zuvor. Die nun folgende Abnahme schreibt Aguilar mit Recht der Morgendämmerung zu und glaubt, dass das wahre Maximum erst später eintrat. In der folgenden Nacht erblickte man gegen 12 Uhr 20 Minuten zwischen den Sternen β und ψ des grossen Bären plötzlich eine leuchtende Masse, drei oder vier mal grösser als der Mond, von sehr unregelmässiger und veränderlicher Gestalt. Der Beobachter rief erstaunt einen Collegen hinzu, allein ehe beide das Aequatoreal der Sternwarte auf das seltsame Gebilde richten konnten, war dieses verschwunden. Es hatte ganz das Ansehen eines grossen Kometen.

In Nordamerika zählte man in der Nacht des 13. bis 14. November:

a) in New Haven in 4 Stunden 42 Minuten 5573 Meteore, meist von kurzem Laufe, der Radiationspunkt lag bei ε im Löwen.

b) in Bowdoin College Braunschweig: 5670 Sternschnuppen, wovon nur 121 nicht aus dem Löwen kommend.

c) in Toronto, von $10^h\ 45^m$ bis $18^h\ 0^m$: 3000 Meteore.

d) in Vevay, Indiana : 1926 Sternschnuppen in 4 Stunden 37 Minuten.

e) in Manhatton, Kansas: 833 Sternschnuppen von $4^1/_2$ bis $5^1/_2$ Uhr früh.

Hr. Marsh vom Staverford College (40^0 5′ nördl. Breite, $5^h\ 1^m\ 13^s$ westl. Greenwich) gibt folgende Tabelle der beobachteten Sternschnuppen zn den beigesetzten Zeiten:

Digitized by Google

12	Uhr	58	Min.	600	Meteore
1	„	17	„	800	„
3	„	51	„	2900	„
4	„	7	„	3100	„
4	„	30	„	3400	„
5	„	0	„	4200	„
5	„	26	„	4700	„
5	„	31	„	4800	„
5	„	36	„	4900	„
5	„	41	„	5000	„

Die meisten Sternschnuppen gingen vom Löwen aus, nur wenige waren sporadische.

Nach allen diesen Angaben muss man schliessen, dass die November-Erscheinung des Jahres 1868 jene des vorhergehenden Jahres an Reichhaltigkeit bedeutend übertroffen hat.

Die Beobachtung der Novembermeteore des Jahres 1869 hat eine geringere Reichhaltigkeit ergeben als diejenige des Jahres 1868. Pater Secchi in Rom beobachtete am Morgen des 14. November von $2^h\ 35^m$ bis $3^h\ 15^m$ 183 Meteore. In Barcelonette sah man in der Nacht vom 11. zum 12. November 210, in Marseille 116, in Montpellier 120 meist sporadische Sternschnuppen. In der folgenden Nacht war die Zahl der Sternschnuppen noch zahlreicher, und selbst in der Nacht vom 14. zum 15. November wurden noch mehrere Hundert Meteore beobachtet.

Während die Bewegung der August-Meteore direct ist, erscheint diejenige der November-Sternschnuppen retrograd. Um ein genaues Urtheil über diese letzteren zu gewinnen, muss man die Unterschiede der Erscheinung dieser und der Sternschnuppen des August ins Auge fassen. v. Boguslawski charakterisirt dieselben wie folgt: 1) Das August-Phänomen zeigt in der Regel mehrere Tage vor und nach dem Maximum der Erscheinung seine Ankunft durch eine grössere Anzahl Sternschnuppen an. Das November-Phänomen tritt dagegen fast immer plötzlich ein. 2) Die Intensität der Erscheinung ist bei den Meteoren des August geringeren Schwankungen unterworfen, als das November-Phänomen und diesem fast immer überlegen an Fülle und Pracht, ausser bei den Maximis des letzteren, alle 33 bis 34 Jahre. 3) Die November-Sternschnuppen kommen uns in ihrer Bewegung entgegen, wenigstens diejenigen, welche aus dem Löwen ausstrahlen. Bei den Meteoren des August ist dies nicht der Fall. 4) Die letzteren zeigen sich fast allenthalben auf der Erde in nahezu gleicher Intensität, die November-Meteore scheinen mehr oder weniger localisirt zu sein.

Während daher die August-Meteore einen allenthalben nahezu gleich dichten Ring um die Sonne bilden, muss man die November-Sternschnuppen als eine Wolke von Meteoren betrachten, welche eine feste Bahn um die Sonne beschreibt, die von der Erde periodisch durchschnitten wird. Wären alle Theile dieser Bahn gleichmässig mit Meteoren besetzt, so

Digitized by Google

würde das Phänomen in Bezug auf gleichmässigen Glanz des Erscheinens in jedem Jahre, den August-Meteoren ähnlich sein. Dies ist aber nicht der Fall. Einzelne, und vor allen eine Stelle, erscheint überwiegend dicht mit Sternschnuppen erfüllt oder vielmehr, es circuliren auf der Peripherie der Bahn verschiedene wolkenartige Aggregate von Meteoren, die uns nur dann das prachtvolle Schauspiel eines Sternschnuppenfalles gewähren, wenn die Erde ihnen sehr nahe kommt.

Nach G. A. Newton's Untersuchungen beschreibt der Hauptschwarm der November-Meteore seine rückläufige Bahn um die Sonne in 354,62 Tagen, trifft also erst nach etwa $33^1/_4$ Jahren wieder in günstigster Stellung mit der Erde zusammen, daher denn auch die Perioden des grössten Glanzes alle 33 bis 34 Jahr eintreten. Der genannte Gelehrte stützte seine Rechnung auf folgende 13 Erscheinungen:

						Länge der Erde	
1.	alter Styl	902	October	12.	17^h	24^0	16,6′
2.	„	931	„	14.	10	25	57,5
3.	„	934	„	13.	17	25	31,6
4.	„	1002	„	14.	10	26	44,8
5.	„	1101	„	16.	17	30	2,4
6.	„	1202	„	18.	14	32	25,5
7.	„	1366	„	22.	17	37	47,9
8.	„	1533	„	24.	14	41	11,7
9.	„	1602	„	27.	10	44	18,9
10.	neuer Styl	1698	November	8.	17	47	20,6
11.	„	1799	„	11.	21	50	1,6
12.	„	1832	„	12.	16	50	49,0
13.	„	1833	„	12.	22	50	49,5

Aus diesen Daten folgerte G. A. Newton die oben angegebene als die wahrscheinlichste Periode, wobei die halbe grosse Axe der Bahn des Schwarmes = 0,98049 ist. Aus den der Tafel beigefügten Längen der Erde zu den betreffenden Epochen ergibt sich leicht die mittlere jährliche Bewegung der Knoten der Sternschnuppenbahn auf der Ekliptik zu 52,4″ siderisch. Diese Knotenbewegung lässt sich anderseits auch aus der Theorie bei gegebenen Bahnelementen des Meteorschwarmes ableiten, und Adams erhielt auf diesem Wege dafür den Werth von 21″, der mit dem beobachteten durchaus nicht übereinstimmt. Vielmehr findet diese Uebereinstimmung nur statt unter Annahme einer Umlaufszeit von $33^1/_4$ Jahren. Wird als Radiationspunkt:

$$AR \quad 149^0\ 12' \quad D + 23^0\ 1'$$

angenommen, so ergeben sich nach Adams folgende Bahnelemente des Novemberschwarmes der Sternschnuppen:

Digitized by Google

Mittlere Distanz	10,3402
Excentricität	0,9855
Periheldistanz	0,9049
Neigung	16° 46′
Knotenlänge	51° 28′
Perihel vom Knoten	6° 51′
Bewegung	retrograd.

Leverrier ging bei seinen Erörterungen in dem bekannten Briefe an Sir John Herschel davon aus, dass die November-Meteore erst aus sehr neuer Zeitepoche stammen. Wären sie an Alter den Planeten vergleichbar, so müssten die einzelnen Meteore in Folge ihrer verschiedenen Geschwindigkeiten, sich längst über die ganze Bahn vertheilt haben, gleich den August-Sternschnuppen; sie könnten keine mehr oder minder grosse Wolken mehr bilden. Hätte bereits eine unermessliche Anzahl von Erscheinungen stattgefunden, so würde die Erde, welche bei jeder derselben einen Theil des Schwarmes herauszieht, für die Gegenwart nichts Regelmässiges mehr übrig gelassen haben. Aus diesen Gründen glaubt Leverrier, dass uns der Novemberschwarm aus den Tiefen des Weltraumes zugegangen ist, und dass er in der Zwischenzeit zwischen den Haupterscheinungen wieder gegen die oberen Planeten zurückkehrt.

Leverrier behauptet, dass der Novemberschwarm durch die Anziehung des Planeten Uranus, dem er im Jahre 126 n. Chr. sehr nahe kam, in seine heutige Bahn geworfen wurde. Schiaparelli hält diese Ansicht für entschieden unrichtig und möchte die Bildung der elliptischen Bahn der Novembermeteore viel eher dem störenden Einflusse der Planeten Jupiter und Saturn zuschreiben. Kirkwood hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Sternschnuppen des 18. bis 20. April, diejenigen des 11. bis 13. December und diejenigen des 15. bis 21. October eine Periode von 27 bis 30 Jahren besitzen und ihre aphelischen Distanzen ebenso wie jene der Novembermeteore, sowie der Kometen 1866 I und 1867 I sehr nahe der mittleren Distanz des Uranus von der Sonne seien. Welche näheren, causalen Beziehungen hier stattfinden, muss billig der Entscheidung der Zukunft überlassen bleiben. Galle findet unter Annahme des Zusammenhangs der Sternschnuppen des 20. April mit dem Kometen I 1861 folgende Bahnelemente des Schwarms:

Länge des Perihels 236°; Länge des aufsteigenden Knotens: 30°, Neigung der Bahn 89°, Periheldistanz 0,9550; Excentricität 0,9828, halbe grosse Axe 55,72, Umlaufszeit 415 Jahre, Bewegung: direct.

Im Jahre 1866, während der August- und Novemberperiode, ist es zum ersten Male Alexander Herschel geglückt, spectroskopische Untersuchungen von Meteoren anstellen zu können. Es wurden im Ganzen 70 Spectra von Schweifen und Kernen erhalten. Die Beobachtungen geschahen in den Nächten des 9. und 10. August, sowie des 14. November des genannten Jahres. Die Spectra der Meteorkerne zeigten im Allgemeinen sehr schöne prismatische Farben, die sich mit dem Schwächerwerden

Digitized by Google

der Meteore verloren. Die Spectra der Schweife erscheinen gleichfalls continuirlich, sobald der Schweif aber zu verschwinden begann, blieb eine gelbe Linie von sehr bedeutendem Glanze sichtbar. Diese, die offenbar ihre Existenz gewissen selbstleuchtenden Gasen verdankt, besitzt unter den terrestrischen Flammen nur im weissglühenden Sodium ein Analogon. In den Schweifen der November-Meteore hat sich diese helle gelbe Linie nicht gezeigt. Gelegentlich der Erscheinung des Novemberschwarmes im Jahre 1868 fand Secchi bei zwei Sternschnuppen, die er spectroskopisch beobachten konnte, die Sodium- und Magnesiumlinien sehr schön, ebenso verschiedene Linien in Roth. Die Schweife der Meteore zeigten discontinuirliche Spectra mit hellen Streifen im Roth, Grün, Gelb und Blau.

Wenn man das, was kometarisch die ungemessenen Himmelsräume durchwandert, was einst zum Schrecken der Völker am Firmamente von Zeit zu Zeit leuchtend heraufzog, mit den Sternschnuppen in engste Verbindung und Verwandtschaft bringt, so ist man allerdings wenig geneigt, mit dem scharfsinnigen Chladni in den niederfallenden Sternschnuppen bisweilen gallertartige oder bituminöse Körper (Schleimmassen) zu erblicken. Diese Ansicht ist seit Paracelsus freilich im Volke die vorherrschende geblieben.

Man muss erwägen, wie es in den meisten Fällen ungemein schwierig ist, den Ort des Niederfalles von Meteoriten so genau zu bestimmen, dass die betreffende Stelle ohne das Vorhandensein einer grössern Masse sicher könnte aufgefunden werden. G. v. Boguslawski hat mit gewohntem Fleisse ein umfassendes Verzeichniss derartiger Wahrnehmungen zusammengestellt. Ich führe hier nur die Fälle an, die mir einigermaassen wissenschaftlich der Beobachtung werth erscheinen.

1652 im Mai sah Christian Menzel bei Nacht auf einer Reise zwischen Siena und Rom eine sehr helle Sternschnuppe ganz in seiner Nähe niederfallen. Er fand an der Stelle eine schleimige und klebrige Substanz, die bald nachher vertrocknete.

1718, am 24. März, sah man auf der Insel Lethy ein Meteor mit heftigem Knalle niederstürzen. Andern Tages fand sich an der Stelle des Niederfalles eine silberschaumartig glänzende, gallertartige Masse.

Am 8. März 1796 fiel ein weithin sichtbares Meteor in der Oberlausitz zwischen den Dörfern Storche und Lausske, wie es heisst auf freiem Felde nieder. Man fand an der betreffenden Stelle auf einem elliptischen Raume von 10 Ellen Länge und 6 Ellen Breite, eine gelblich weisse, schaumige, klebrige und ölige, wie Kampher brennende Masse, die allmählich bis zu einem braunen Rückstande verdunstete.

1803, am 21. Januar, beobachtete Schmidt zu Festenberg zwischen Borsdorf bei Bojanowo und dem Schlosse zu Tribusch eine allmählich anwachsende Sternschnuppe, die mit Gezisch vor ihm und seinen beiden Begleitern vorüberfuhr und über dem Strassengraben, auf dem mit Schnee bedeckten Felde platzte. Am andern Morgen fand sich auf dieser Stelle ein rundlicher Fleck von gallertartiger Materie, blaugrüner Farbe und

Digitized by Google

schwefelsaurem (?) Geruche. Die Mäntel der Reisenden waren noch am andern Morgen mit feuchten, handbreiten, gelblichen und nach Schwefel riechenden Streifen bedeckt. Diese Beobachtung wäre gänzlich einwurfsfrei, wenn sich die erwähnten Personen der geringen Mühe unterzogen hätten, sich sofort an den Ort des Niederfalles zu begeben, statt dies auf den andern Morgen zu verschieben.

1819, am 13. August, explodirte dicht vor den Häusern von Amherst (Massachusetts) eine weisse Feuerkugel. Am andern Morgen fand man eine schleimige Substanz, die nach einigen Tagen bis auf einen geringen, dunkelfarbigen Rückstand verdunstete. Hier findet sich ebenfalls die schleimige Masse erst am andern Morgen. Haben diejenigen, welche das Meteor dicht vor ihren Häusern explodiren sahen, gewartet bis zum andern Morgen, ehe sie sich an die Stelle der Explosion begaben? oder ist die ganze Mittheilung Humbug?

1828 oder 1829 wurde zu Allport in Derbyshire gegen Ende August oder Anfangs September die Explosion einer Feuerkugel bemerkt, von welcher Stücke auf ein Grasfeld fielen. Ihre Zusammensetzung war nach Dr. R. A. Smith's Analyse:

Schwefel . . .	22,00
Kohle	43,59
Eisenoxyd . . .	34,09
specifisches Gewicht	2

1835, am 6. September, zwischen 12 und 1 Uhr Nachts sah Koch zwischen Friemar und Gotha eine Sternschnuppe fast senkrecht herabfallen, die aber in der Luft erlosch. Kurze Zeit nach ihrem Verschwinden fiel mit heftigem Geräusch drei Fuss von dem Beobachter entfernt eine tellergrosse, gallertartige, fettig anzufühlende Substanz, die allmählich verdunstete.

1845, am 23. December, Abends gegen 5 Uhr, wurde auf der Strasse von Dessau nach Tonitz eine feurige Kugel gesehen, die sich, in der Nähe des Bodens angelangt, in eine Unzahl leuchtender Funken, einem Schneegestöber gleich, auflöste. Diese Funken erloschen und verschwanden ohne Rückstand zu hinterlassen, auch war die ganze Erscheinung durchaus von keinem Geräusche begleitet. An demselben Abende beobachtete Schwabe in Dessau eine Menge von Sternschnuppen.

In der von der populären Anschauung als Sternschnuppengallerte bezeichneten Materie hat zuerst Carus im Jahre 1834 die Eileiter von Fröschen erkannt und diese Behauptung ist durch v. Baer 1860 bestätigt worden. Diese Massen, die man früher irrthümlich dem Pflanzenreiche zuschrieb, haben also durchaus nichts mit den Sternschnuppen gemein.

Die Meteorite bieten uns in vielfachen Beziehungen noch Räthselhaftes dar. Manches ist durch die andauernden, vereinten Bemühungen einer grossen Anzahl scharfsinniger Forscher wissenschaftlich erkannt

Digitized by Google

worden, aber noch bleibt Vieles zu erforschen übrig. Von dem Punkte aus bis zu welchem man vorgedrungen ist, hat man neue Regionen in ungewissem Dämmerscheine herüberblinken sehen. Das ist der Faden, der sich durch die gesammten Naturwissenschaften hindurchzieht, dass von jedem Standpunkte aus eine immer neue Perspective des zu Erforschenden sich eröffnet, dass niemals der Kreis des Wissens als ein genetisch abgeschlossener betrachtet werden kann. Wie das Unendliche, nach dem Ausdrucke des scharfsinnigsten, consequentesten Denkers Gauss nur als ein ewig Unvollendetes aufzufassen ist, so auch die Wissenschaft, die eine immer grössere Summe des Endlichen im Unendlichen der Natur intellectuell zu begreifen unternimmt.

Digitized by Google

Erklärung der Tafeln.

Schreiben des Herrn Professor Spoerer an den Verfasser.

(Hierzu Tafel I und II.)

Da Sie beabsichtigen, Ihrem Werke die Abbildungen jener Sonnenfleckengruppe beizufügen, welche ich im September und October des Jahres 1865 beobachtete und in ihren einzelnen Theilen durch Messung und Rechnung verfolgte, so will ich Ihnen von einigen beliebig ausgewählten Tagen (darunter September 25.) eine neue Zeichnung in grösserm Maassstabe einsenden, damit man danach den richtigen Charakter leichter erkenne. Bei September 25. habe ich jetzt einen Pfeil hinzugefügt, welcher die Vergleichung der beiden Figuren September 25. und September 26. erleichtern soll. Wie die grosse Kernparthie September 24. in jene September 25. durch Neubildung und Auflösung übergegangen ist, lässt sich schon ohne Erläuterung erkennen, aber für den Uebergang von September 25. zu September 26. scheint es mir doch nöthig, besonders zu erwähnen, dass der südöstliche kleine Kern im Hauptgebilde September 25. identisch ist mit dem September 26. rechts weit entfernten Doppelkern. Eine helle trennende Strasse hat sich dort weiter ausgebildet, wo September 25. westlich von dem erwähnten kleinen Kern eine helle Stelle im Hofe sich befindet, und der Pfeil soll auf die Richtung der hellen Strasse aufmerksam machen, bei deren Auftreten zugleich der südöstliche Theil des Hauptkernes aufgelöst wurde. Beim Hauptkern ersieht man leicht die Vergrösserung des links von der Trennungslinie befindlichen Stückes von September 24. bis September 27., und an dem zuletzt genannten Tage sind noch die letzten Spuren der Trennungslinie erkennbar. Mit diesem Tage tritt auch eine überaus dunkele Stelle im Kerne deutlich hervor, welche sich bis September 29. erhielt. Das Bild Oct. 3. ist interessant wegen der spiralförmigen Structur.

Unter den Beispielen für entgegengesetzte Hofstellung möchte ich die Gruppe 1865 Nr. 66 empfehlen. Die beiden Zeichnungen Mai 19. Nachmittags 4 Uhr und Mai 20. Morgens 8 Uhr dürften von Interesse

Digitized by Google

sein. Bei der erstern findet sich noch keine Hofbildung, bei der andern ist dann die entgegengesetzte Hofbildung schön ausgeprägt. Somit wäre dies auch ein Beispiel, wie überaus schnell sich die Höfe bilden, oder mit anderen Worten: wie schnell jene kleinsten Flecke entstehen, welche, wenn sie dicht gedrängt stehen, den Namen Hof oder Penumbra erhalten.

Zu dem die Sonne betreffenden Theile Ihres Werkes möchte ich mir folgende Bemerkungen erlauben:

Pag. 10. Die Veränderung der heliographischen Breite, wie sie von Carrington angegeben ist und wie ich es auch vielfach gefunden habe, zeigt doch nicht ein so entschieden hervortretendes Gesetz, dass man weitere Folgerungen darauf bauen könnte, und habe ich mich auch später dafür ausgesprochen, dass man wohl besser thäte, dies bis auf weiteres noch unentschieden zu lassen.

Die Zahlen *M* für den täglichen Rotationswinkel (in meinen Aufsätzen immer mit ξ bezeichnet) könnten vielleicht dadurch, dass sie für alle einzelnen Breitengrade und bis auf Hundertstel der Bogenminuten angesetzt sind, der Auffassung Faye's Vorschub zu leisten scheinen, dass jeder Zone des Sonnenkörpers die Rotationszeit der Tabelle wirklich zukäme, also vom Aequator zu den Polen die Rotation langsamer erfolge, während doch die Beobachtungen einer solchen Auffassung entschieden widerstreiten. Man findet nicht allein zu verschiedenen Zeiten, sondern auch gleichzeitig an verschiedenen Stellen der Sonnenoberfläche Flecke, welche sich jenem Gesetze des mit wachsenden heliographischen Breiten abnehmenden Rotationswinkels durchaus nicht fügen, also dass ein Fleck bei geringerer Breite einen weit kleinern Rotationswinkel liefert als ein anderer mit grösserer Breite. Sind doch die Zahlen der Tabelle nur aus einer Formel hervorgegangen, welche sich den aus zahlreichen Beobachtungen entnommenen Mittelwerthen der Rotationswinkel ziemlich nahe anschliesst, während in den einzelnen Fällen beträchtliche Abweichungen von jenem Gesetze vorkommen und höchst selten aus einem Fleck gerade der Werth der Formel erhalten wird. Wir wissen ferner, dass das Gesetz nicht gilt für die erste Phase der Entwickelung der Gruppen, ferner nicht für die Fälle, wo sich die entgegengesetzte Hofstellung zeigt. — Noch ein Umstand beeinträchtigt die Zahlenwerthe, so dass die bisher für jenes Gesetz aufgestellten Formeln sämmtlich nur beiläufige Gültigkeit haben, nämlich die Zahlen gelten nicht in gleicher Weise für die einzelnen Jahre der elfjährigen Periode. Ebenso wie die Vertheilung der Flecke nach der heliographischen Breite eine andere ist, je nachdem die Beobachtungszeit dem Maximum oder Minimum des Fleckenstandes näher ist, scheinen auch die Mittelwerthe der ξ zu variiren. Hierüber habe ich noch nichts bekannt gemacht, will auch erst noch mehr Material sammeln, um weiter zu entscheiden.

Auf Pag. 12 haben Sie Silberschlag als denjenigen citirt, der zuerst erkannte, dass einzelne Sonnenflecke eine Art rotirender Bewe-

Digitized by Google

gung um sich selbst besitzen. Neuerdings ist dies vielfach beobachtet, und Littrow's „Wunder des Himmels" enthalten II. §. 20 eine Zeichnung von Dawes, welche dazu verführen könnte, zu glauben, dass wirklich die über ungeheure Flächen ausgedehnten Gebilde unter Beibehaltung ihrer Gestalt eine Rotation erfahren. In den Astronomischen Nachrichten Nr. 1569 scheint es d'Arrest entschuldigen zu wollen, dass nicht schon Scheiner „das seltene Phänomen der Rotation" gekannt habe. Aber Scheiner hat recht, wenn er sagt: maculae circa centra sua non gyrantur. Oder wenn Sie es lieber wollen, können wir auch sagen: es hat keiner recht. Nämlich anscheinend kommen Rotationen allerdings vor und möchte auch ganz richtig sein, dass man aus solchen scheinbaren Rotationen auf Wirbelstürme geschlossen hat, wie ja auch die Spiralform 1865 October 3. auf eine Art Wirbelsturm hinweist. Indessen von einer wirklichen Rotation der ungeheuren Gebilde unter Beibehalt ihrer Gestalt und ihres Zusammenhanges kann gar keine Rede sein. Häufige und ausdauernde Beobachtung bei starker Vergrösserung belehrt darüber, dass bei einem Gebilde, welches eine Drehung erfahren zu haben scheint, fast nur eine vorwiegende Auflösung der Kernmassen an dem einen Rande und gleichzeitige Neubildung an anderen Randstellen stattgefunden haben, während örtliche Verschiebung der Massen nur in sehr beschränkter Weise anzunehmen ist. So ist überhaupt bei Ortsveränderungen der Flecke, selbst wenn für schwache Vergrösserungen die Gestaltsänderung gar nicht mehr auffällig ist, niemals an gemächliches Fortschieben unveränderlicher Massen zu denken, sondern an gewaltsames Fortwälzen derselben unter unaufhörlichen Veränderungen, namentlich unter Neubildungen an dem einen und Auflösungen an dem andern Ende. Zu Gunsten einer wirklichen Drehung kann man auch nicht die Aenderung des Positionswinkels einer Trennungslinie im Kern anführen, denn auch eine solche Trennungslinie verschiebt sich dadurch, dass an dem einen Rande derselben Abnahme der Kernmasse, am andern Zunahme erfolgt, und um dies festzustellen, lassen sich schon an Kern und Hof allerlei kleine Merkmale finden, welche auf kurze Zeit Gestalt und gegenseitige Lage behalten und eben auf die Aenderung anderer Stellen zu schliessen erlauben.

Pag. 43. Den Sonnenhalbmesser betreffend will ich Ihnen mittheilen, was ich bisher nicht veröffentlicht habe, sondern nur erst privatim verschiedentlich erwähnt habe, nämlich, dass unter günstigen Umständen, wo der Sonnenrand ruhig und gut begrenzt war, die nothwendige Zunahme oder Abnahme an aufeinander folgenden Tagen nicht beobachtet wurde, sondern das Gegentheil, z. B. in der ersten Hälfte des vorigen Jahres wurden einmal der nördliche und südliche Sonnenrand von zwei Linien meines grossen Glasnetzes genau tangirt, darauf 3 Tage später bei gleicher Einstellung und gleichen Refractionsverhältnissen blieb die wiederum gut begrenzte Sonnenscheibe nicht innerhalb jener Linien, sondern wenn der eine Rand die eine Linie tangirte, ragte der andere

Digitized by Google

Rand über die andere Linie noch merklich hervor. Ich werde in diesem Jahre weiter darauf achten, wenn nur erst die ungünstige Witterung aufhören wollte.

Anclam, 15. März 1869.

Professor Spoerer.

Darstellungen der Oberflächen von Mars und Jupiter.

Diese Darstellungen sind nach Zeichnungen von Herrn Director J. F. Julius Schmidt in Athen wiedergegeben. Die Abbildung des Mars wurde bei 500facher Vergrösserung am 19. September 1862 9 Uhr 35 Minuten mittlerer athener Zeit, jene des Jupiter bei 400facher Vergrösserung am 29. Mai 1862 6 Uhr 35 Minuten mittlerer Zeit aufgenommen. Der schwarze Fleck auf der (im umkehrenden Fernrohre) untern Hälfte des letztern Planeten ist ein Trabantenschatten.

Digitized by Google

Erläuterungen zur Karte (Tafel III.)

der

Mondlandschaft Bullialdus und Umgebung,

aufgenommen und gezeichnet nach Beobachtungen
von 1842 bis 1868

von

J. F. Julius Schmidt.

Die Karte stellt die Umgebung des Bullialdus zwischen dem 19. und 31. Grade östl. selenographischer Länge und dem 15. bis 30. Grade südlicher selenographischer Breite dar.

Der Durchmesser des Bullialdus beträgt nach Mädler 8,3 geographische Meilen. Die Reliefverhältnisse erhellen aus folgenden Höhenmessungen.

Höhe in Toisen.	Sonnenhöhe.	Zahl der Messungen.	Beobachter.	
	a) West-Wall nach Aussen.			
821	—	1	Schmidt.	
	b) West-Wall nach Innen.			
1202	—	1	Schröter.	
1450	—	—	Mädler.	
	c) Ost-Wall nach Aussen.			
442	2° 0′	1	Schröter.	Mittel: 521 Toisen.
530	2 28	1	„	
529	3 17	1	Schmidt.	
584	2 30	1	„	
758	—	1	Mädler.	
	d) Ost-Wall nach Innen.			
1450	—	1	Mädler.	
1838	9 43	1	Schmidt.	
	e) Westliche Tiefe.			
1259	6 28	3	Schmidt.	
1465	8 8	4	„	
1650	10 14	4	„	

Die Höhe des Centralgebirges beträgt nach Mädler etwa 500 Toisen. Setzt man die Höhe des West-Walles über der Tiefe = 1700 Toisen, die äussere Höhe des West-Walles = 520 Toisen, so ergibt sich, dass der

Digitized by Google

Boden des Bullialdus 1180 Toisen oder volle 7000 Fuss unter der Oberfläche des Mare nubium liegt.

Die Tiefe des Kraters A südlich von Bullialdus beträgt nach Mädler 648 Toisen.

Für B findet sich:

West-Wall nach Aussen . . .	476 Toisen.	Schmidt.
Ost-Wall „ „ . . .	427 „	Mädler.
Tiefe	810 „	„

Für C hat man:

Ost-Wall nach Aussen	194 „	Schröter
Tiefe	433 „	„
„	972 „	Mädler.
Kegel östlich neben C	106 „	Schröter.
Krater F, Ost-Wall nach Aussen	333 „	Schmidt.

Der Durchmesser von Lubienitzky beträgt gegen 5 Meilen und die Höhe des West-Walles nach Innen im Maximum nach Mädler 154 Toisen*).

Agatharchides.

West-Wall nach Innen	516 Toisen.	Mädler.	
„ „ „	853 „	Schmidt	Mehr nördliche Stelle.
Ost-Wall „ „	703 „	Mädler.	
Der Berg δ westl. vor Agatharchides	441 „	„	

Campanus.

Durchmesser: 6,8 Meilen.

Tiefe im Westen	700 Toisen.	Mädler.
„ „ Osten	1021 „	„
„ „ Nordosten	950 „	Schmidt.

Merkator.

Durchmesser: 6,5 Meilen.

Tiefe im Westen	693 Toisen.	Mädler.
„ „ Südwesten	947 „	Schmidt.

Kies.

Durchmesser: 6 Meilen.

Höhe d. Walles bei α über d. Mare	382 Toisen.	Mädler.
„ „ „ „ α „ „	265 „	Schröter.
„ „ Ost-Walles „ „	203 „	„

*) Die Berg- und Kratergruppe südöstlich von Lubienitzky fehlt aus Versehen auf der Mappa Selenographica von Mädler, wie auch in der Selenographie Seite 310 angemerkt ist.

Digitized by Google

Die Gegend um Bullialdus und Agatharchidus ist eine sehr interessante Landschaft der Mondoberfläche behufs des Studiums der verschiedenartigen Bodengestaltungen. Sie enthält einen Normalkrater ersten Ranges, mittlere Krater, Uebergangsformen nebst Mittelgebirge, viele kleine Krater und besonders merkwürdige Rillen. Diese letzteren bieten ein besonderes Interesse wegen der verschiedenen Uebergangsformen. Sie zeigen sich von den kleinsten, schwachen, parallelwandigen Furchen, bis zu den grösseren Gebilden, die stellenweise das Aussehen aneinandergereihter Krater erhalten. Das Rillensystem zwischen Agatharchides und Campanus ist nicht allein wegen seiner bedeutenden Länge von 64 Lieues, sondern auch wegen der verschiedenen Ausbildung und parallelen Streichung der einzelnen Glieder, fast im Meridiane, merkwürdig. Der Centralberg des Bullialdus wird von einer Kraterrille durchsetzt und selbst die gerade Furche in den inneren Südost-Terrassen gehört zu den Rillen. Man erkennt hier deutlich die Uebergänge. Der Fortschritt unserer Kenntnisse von der wahren Natur dieser merkwürdigen Gebilde wird sich nur an eine immer genauere und vollständigere Darstellung und Beobachtung derselben anknüpfen.

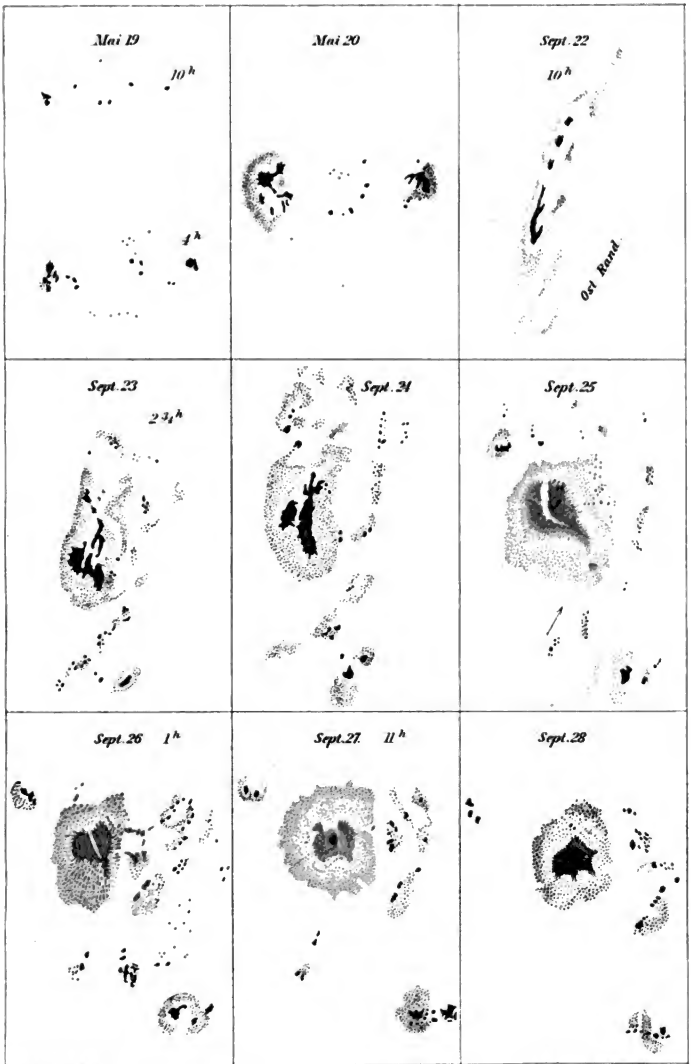
Digitized by Google

Druckfehler.

Seite	5	Zeile	26	von	oben	lies	1210	statt	1204.
„	5	„	6	„	unten	„	119	„	114.
„	63	„	23	„	oben	„	1652	„	1648.
„	72	„	10	„	unten	„	213	„	423.
„	85	„	24	„	oben	„	1675	„	1775.
„	87	„	11	„	unten	„	$\frac{1}{306}$	„	$\frac{1}{199}$.
„	103	„	4	„	unten	„	Peirese	„	Peiresl.
„	105	„	15	„	oben	„	Kinau	„	Kinan.
„	106	„	18	„	oben	„	12′	„	6′.
„	143	„	9	„	oben	„	1845 Dec. 8.	„	1845 Sept. 8.
„	154	„	9	„	„	„	1800	„	1860.
„	173	„	8	„	unten	„	1825	„	1725.
„	178	„	19	„	oben	„	0,0284	„	0,284.
„	191	„	9	„	„	„	400	„	300.
„	237	„	12	„	oben	„	12. August	„	10. August.
„	237	„	16	„	unten	„	ursae	„	ursale.
„	238	„	20	„	„	„	1868	„	1860.
„	254	„	4	„	oben	„	Frühling	„	Winter.
„	257	„	28	„	oben	„	Brorsen'sche	„	Winnecke'sche.
„	263	„	8	„	unten	„	Eustathius	„	Eustathus.
„	278	„	6	„	unten	„	Parnallee	„	Pranallee.
„	284	„	5	„	oben	„	Pillistfer	„	Phillistfer.

„ 217 in der letzten Spalte Zeile 8 lies: in der Folge unterbleiben.

Digitized by Google

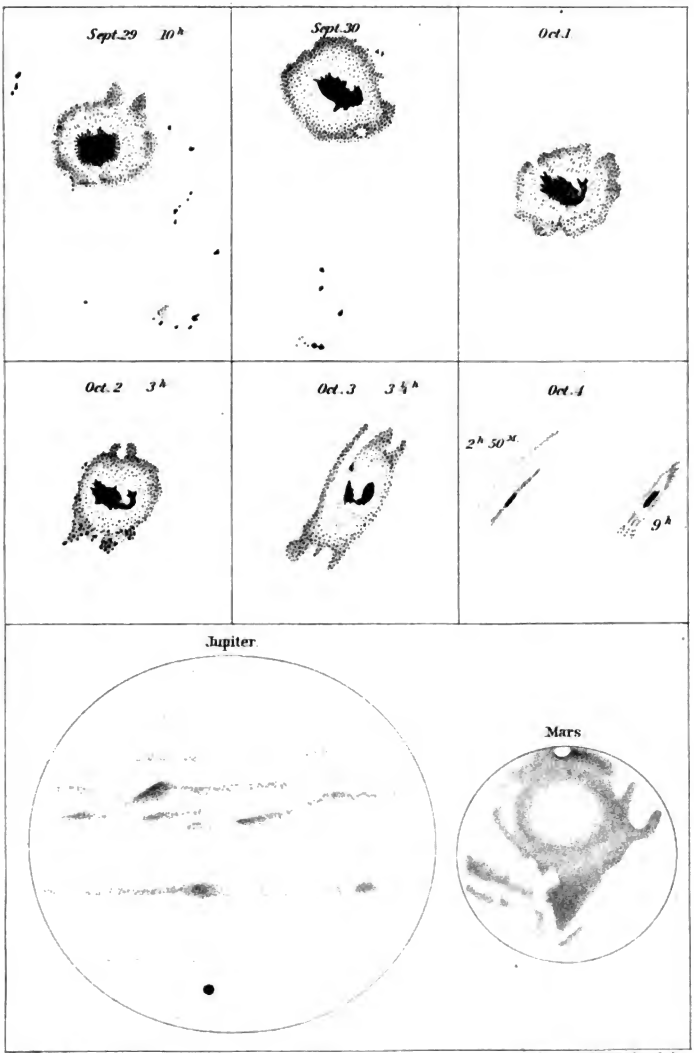


Gez. v. Prof. Spörer.

Lith. Anst. v. C. Hellfarth in Gotha.

Digitized by Google

Digitized by Google

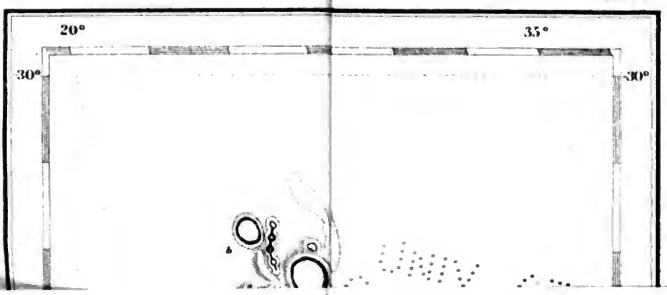


Ges. v. Prof. Spörer

Lith. Anst. v. C. Heilfarth in Gotha

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Digitized by Google

HANDBUCH

DER ALLGEMEINEN

HIMMELSBESCHREIBUNG

VOM STANDPUNKTE

DER KOSMISCHEN WELTANSCHAUUNG

DARGESTELLT VON

HERMANN J. KLEIN.

DER FIXSTERNHIMMEL,

NACH DEM

GEGENWÄRTIGEN ZUSTANDE DER WISSENSCHAFT.

MIT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN UND EINER FARBIGEN SPECTRALTAFEL

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1872.

Digitized by Google

DER

FIXSTERNHIMMEL

NACH DEM

GEGENWÄRTIGEN ZUSTANDE

DER

WISSENSCHAFT,

VOM

STANDPUNKTE DER KOSMISCHEN WELTANSCHAUUNG

DARGESTELLT VON

HERMANN J. KLEIN.

MIT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN UND EINER FARBIGEN SPECTRALTAFEL.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1872.

Digitized by Google

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache, sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

Digitized by Google

VORREDE.

Der vorliegende zweite Band meines Handbuches der allgemeinen Himmelsbeschreibung schliesst sich bezüglich der allgemeinen Gesichtspunkte, welche bei Behandlung des wahrhaft ungeheuren, vorhandenen Materials maassgebend waren, eng an den ersten Band an.

Wenn es aber bei der Schilderung des Sonnensystems nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft möglich war und erstrebt wurde, eine gewisse Vollständigkeit in Aufzählung und Charakterisirung der Resultate der Beobachtung zu erreichen, so konnte dies für das Gebiet der Stellarastronomie, des wichtigsten und geradezu unerschöpflichen Feldes astronomischer Forschung, nicht angestrebt werden. Bezüglich des Fixsternhimmels liegt eine unabsehbare Menge bearbeiteten und noch unbearbeiteten Materials vor, so dass selbst eine Auswahl unter der vorhandenen Materie die grössten Schwierigkeiten darbietet. Dazu sind sehr viele, selbst der wichtigsten Arbeiten, in oft sehr schwer zugänglichen einzelnen Abhandlungen, Berichten gelehrter Gesellschaften und seltenen Werken zerstreut, so dass es grossen Zeitaufwands und ausgebreiteter Verbindungen bedarf, um allenthalben auf die Originalquellen zurückgehen zu können. In dieser Beziehung bietet die ausgezeichnet redigirte „Vierteljahresschrift der deutschen astronomischen Gesellschaft", sowohl in ihren literarischen Berichten als in ihren eingehenden Kritiken für die wichtigeren neuen Untersuchungen, eine reiche Fundgrube. Ich glaube nicht zuviel zu behaupten, wenn ich

Digitized by Google

der deutschen astronomischen Gesellschaft und ihrer Zeitschrift mit der Zeit den entschiedensten und günstigsten Einfluss auf die Fortschritte der Astronomie, die leider von manchen hervorragenden Beobachtern noch immer sehr einseitig betrachtet wird, prognosticire.

Den Abschnitt dieses Werkes, welcher über die Spectralanalyse der Fixsterne, Sternhaufen und Nebelflecke handelt, verdanke ich der Güte des Herrn Dr. O. Buchner in Giessen. Dieser Gelehrte, der astronomischen Welt durch seine überaus reichhaltigen und gediegenen Werke über Feuermeteore und Meteorite wohl bekannt, hat in dem bezeichneten Capitel eine so reichhaltige Zusammenstellung und lichtvolle Durcharbeitung des sämmtlichen vorhandenen Materials geliefert, dass der kundige Leser schwerlich irgend etwas von selbst nebensächlicher Bedeutung hier vermissen wird; auch die Spectraltafel ist nach seinen Angaben neu ausgeführt worden.

Und so übergebe ich denn den zweiten Band meines Werkes der gütigen Nachsicht des competenten Publicums und wünsche, dass er denselben Beifall finden möge, den der erste Theil bereits gefunden hat.

Cöln.

Der Verfasser.

Digitized by Google

INHALTSVERZEICHNISS.

Astrognosie. Gruppirung der Fixsterne zu Bildern. Die ältesten Sternbilder. Ursprung des Thierkreisgürtels. Die alten Sternbilder (im Ptolemäisch-Hipparchischen Kataloge). Die später eingeführten Sternbilder. Sir John Herschel's Vorschlag einer neuen Eintheilung des Himmels in Constellationen. Beschluss der deutschen astronomischen Gesellschaft. Seite 1 bis 6

Der Weltraum und was ihn erfüllt. Unendlichkeit des Weltraumes. Das, was die Himmelsräume erfüllt, wird unbestimmt und vieldeutig mit dem Ausdrucke „Aether" bezeichnet. Speculationen der Alten. Vorstellungen von Olbers und Encke. Das hemmende Fluidum, welches die Bahn des Encke'schen Kometen verengt, kann nicht identisch sein mit dem Aether des Physikers. Struve's Untersuchungen über die Absorption des Sternenlichtes. Untersuchungen von Lorenz über den Zusammenhang des Lichtes mit elektrischen Strömen.

Fourier's und Poisson's Untersuchungen über die Temperatur des Weltraumes. Resultate von Swanberg, Pouillet und Saigey. Fixsternwärme. Untersuchungen über die Wärmestrahlung der Fixsterne von Huggins; Beobachtungen und Messungen von Stone . . . Seite 7 bis 12

Photometrische Reihung der Fixsterne. Sterngrössen im Hipparch-Ptolemäischen Kataloge. Genauere Bestimmungen durch Abdurrahman Sufi. William Herschel's Methode der Gleichstellung des Sternenlichtes. Resultate des ältern Herschel. Sir John Herschel's photometrische Untersuchungen Katalog der mittels des Astrometers gemessenen Sterne. Tafel der photometrischen Grössen von Sternen der drei ersten Helligkeitsclassen. Helligkeitsschätzungen von Ed. Heis. Steinheil's Prismenphotometer. Zöllner's Astrophotometer. Untersuchungen über das Verhältniss der Lichtmengen in den aufeinander folgenden Grössenclassen. Ludwig Seidel's Verzeichniss von 206 Fixsternen, deren Helligkeit photometrisch gemessen ist. Katalog der im Jahre 1860 von Zöllner photometrisch gemessenen Fixsterne. Gesammtlichtmenge der sämmtlichen Sterne der obersten Grössenclassen . . . . . Seite 13 bis 36

Die Farben der Fixsterne. Kenntniss der farbigen Fixsterne vor Erfindung des teleskopischen Sehens. Entdeckung der blauen Sterne. Schjellerup's Katalog der isolirten rothen Sterne. Die Farben der Doppelsterne. Farbenänderungen bei den Doppelsternen. Einfluss des Fernrohres auf die Intensität der Färbung eines Fixsterns. Der Farbenwechsel einiger Fixsterne . . . . . Seite 37 bis 51

Anzahl der Fixsterne. Die Zahl der mit blossem Auge sichtbaren Fixsterne kann nur relativ sein. Mittlere Sehkraft und abnorme Scharfsichtigkeit einzelner Individuen. Gesammtzahl der mit blossem Auge sichtbaren Sterne nach Ed. Heis. Ueber die Verhältnisse, welche die Sichtbarkeit lichtschwacher Sterne begünstigen oder vermindern. Einwirkung des diffusen Lichtes der Atmosphäre und der Absorption. Die Ursachen der Ueberglänzung eines schwächern durch ein helleres Licht. Die Wirkung der Fernrohre auf die Sichtbarkeit der Sterne. Ueber das Sehen der Sterne bei Tage aus tiefen Schächten.

Digitized by Google

Die ersten Versuche zur Ortsbestimmung der mit blossem Auge sichtbaren Sterne. Anzahl der Sterne der verschiedenen Grössen im Hipparch-Ptolemäischen Kataloge. Die Sternkataloge von Ulugh Beigh und Bekri Altizini. Kataloge von Tycho Brahe und Rothmann, Halley und Hevel. Aufzählung der neueren Fixsternkataloge. Himmelskarten. Die Karten der Berliner Akademie. Argelander's grosser Himmelsatlas. Anzahl der Sterne 1. bis 9,5. Grösse nach dem Bonner Verzeichnisse. Tafel der Sternhäufigkeit des nördlichen Himmels nach den Bonner Beobachtungen. Argelander's Uranometrie. Behrmann's Entwurf von Karten des Südhimmels, welche alle dem blossen Auge sichtbaren Sterne umfassen. Aeltere Berechnungen der Gesammtzahl aller Fixsterne, die noch in mächtigen Teleskopen sichtbar sind. Littrow's Rechnungen begründet auf Argelander's Himmelskarten. Vertheilung der Fixsterne am Himmelsgewölbe . . . . . Seite 52 bis 73

Die veränderlichen Sterne. Wichtigkeit der genauern Untersuchung des Lichtwechsels veränderlicher Sterne. Erste Entdeckungen veränderlicher Sterne. Vier verschiedene Classen veränderlicher Sterne. Argelander's Beobachtungsmethode der Veränderlichen. Normalkatalog der Veränderlichen von Schönfeld und Winnecke. Die Veränderlichen *o* Ceti, *β* Lyrae, *η* Aquilae, *β* Persei, *δ* Cephei, *ζ* Geminorum, *S* Cancri, *χ* Cygni, *R* Hydrae, *R* Leonis, *R* Coronae, *R* Scuti, *R* Virginis, *R* Aquarii, *R* Serpentis, *R* Cancri, *α* Orionis. Ueber das Gemeinsame in den Erscheinungen, welche die Veränderlichen darbieten. Die Farben der Veränderlichen. Ursachen der Veränderlichkeit . . . . . Seite 74 bis 99

Neue Sterne. Das Aufflodern neuer Sterne, als wichtige Begebenheit in den Welträumen betrachtet. Aeltere Ansichten und Vermuthungen über die Ursachen, welche das Sichtbarwerden neuer Sterne hervorrufen. Aufzählung der neuen Sterne nach der Zeitfolge ihrer Erscheinung. Wichtigkeit der spectralanalytischen Untersuchung des neuen Sternes in der nördlichen Krone. Schlussbemerkungen . . . . . Seite 100 bis 110

Die Eigenbewegung der Fixsterne. Einleitung. Halley's Vermuthung der Ortsveränderung einzelner Fixsterne. Untersuchungen von Jacob Cassini, Tobias Mayer, Maskelyne und Piazzi. W. Herschel's und Prévot's Arbeiten. Erste Vermuthungen über die translatorische Bewegung des Sonnensystems. Genauere Bestimmungen W. Herschel's. Argelander's Arbeiten. Untersuchungen der Eigenbewegungen der Bradley'schen Sterne von Mädler. Tafel der säcularen Eigenbewegungen über 10″. der Sterne 1. bis 5. Grösse nach den Rechnungen von Mädler. Vergleichung der Eigenbewegungen und Helligkeiten der Sterne. — Ort des Himmels, gegen welchen die Sonnenbewegung gerichtet ist. Ueber die Ursache der translatorischen Bewegung der Sonne. Proktor, über Partialsysteme unter den Fixsternen. Mädler's Untersuchungen über Fixsternsysteme und den Centralpunkt der Bewegung in unserer Sternschicht.

Spectralanalytische Bestimmungen derjenigen Componente der Fixsternbewegung, welche im Visionsradius von der Erde liegt. Untersuchungen von Klinkerfues und Hoek über den Einfluss einer Bewegung der Lichtquelle und der Bewegung eines durchsichtigen Mittels auf den Lichtstrahl . . . . . Seite 111 bis 145

Parallaxen der Fixsterne. Wichtigkeit der Bestimmung von Fixsternparallaxen. Die frühesten Untersuchungen führten stets zu negativen Resultaten. Resultate aus den Beobachtungen von Molineux für die Parallaxe von *γ* Draconis. Untersuchungen von Hooke. Herschel's Versuche zu Beobachtungen von Parallaxendifferenzen sehr nahe bei einander stehender Sterne. Brinkley's Fixsternparallaxen. Messungen mittels des Heliometers und des Filarmikrometers liefern in den Untersuchungen von Bessel und Struve die ersten sicheren Werthe für die Parallaxen zweier Fixsterne. Auwers' Untersuchungen über die Parallaxe von 61 Cygni. Struve, über die Parallaxe von *α* Lyrae. Parallaxe des Sirius. Die

Digitized by Google

Untersuchungen über die Parallaxe von α Centauri. Die Parallaxen von α Bootis, Polaris, Capella, ι Ursae, p Ophiuchi, 21258 Lalande, 34 und 1830 Groombridge, 7415 Oeltzen, α Canis minoris. Indirecte Methoden zur Ermittelung der Parallaxen von Doppelsternen. Zukünftige Aussichten Seite 146 bis 158

Die Doppelsterne. Geschichtliche Entwickelung unserer Kenntnisse von den mehrfachen Sternen. Ansichten von Lambert und Michell. Wahrscheinlichkeit optischer Doppelsterne in verschiedenen Winkeldistanzen. Mayer's Fixsterntrabanten. W. Herschel's Doppelsternbeobachtungen. Die Arbeiten von Fr. W. Struve. Vertheilung von Struve's Messungen auf die einzelnen Jahre von 1824 bis 1835. Eintheilung der Doppelsterne nach Classen und in Incidae und reliquae. Verzeichniss von dreifachen Sternen. Doppelsterne mit erkannter Bewegung. Gegenwärtige Zahl der Doppelsterne überhaupt. Berechnete Umlaufszeiten in 20 Doppelsternsystemen. Tafel der Doppelsterne in Struve's Kataloge mit erkannter Bewegung. Erläuterungen zu dieser Tafel, Bahnelemente von Doppelsternen etc. . . . . Seite 159 bis 227

Sternhaufen. Unmittelbarer Uebergang von den Doppel- und mehrfachen Sternen zu den Sternhaufen (Sternschwärmen). Herschel's Untersuchungen über die Weltstellung der Sternhaufen. Principien der Distanzbestimmungen der Sternhaufen. Herschel's Tafel zur Darstellung der Lage der Sternhaufen im Raume durch ein körperliches Modell. Vertheilung der Sternhaufen an der Himmelssphäre. Herschel's Ideen über die Bildungsgeschichte der Sternschwärme. Specialuntersuchungen einzelner Sternhaufen von Lamont, Krüger und Pihl. Uebergang von den Sternhaufen zu den Nebelflecken . . . . . Seite 228 bis 232

Die Nebelflecke. Geschichtliches über die Entwickelung unserer Kenntnisse von den Nebelflecken. Schultz, über die Geschichte der Nebelbeobachtungen vor Herschel. Messier's Arbeiten. Katalog der von Messier entdeckten Nebelflecke und Sternhaufen. Herschel's Nebelbeobachtungen. Schichtenweise Anordnung der Nebelflecke und Sternhaufen. Ansichten Herschel's über die Natur der Nebelflecke nach der Abhandlung von 1785. Gesetze der Bildung der Sternhaufen, 1789 von Herschel entwickelt. Entdeckung der Nebelsterne (1791), Classificirung der Nebelflecke (Abhandlung von 1802). Analyse der Abhandlung W. Herschel's von 1811, in welcher die Nebelflecke in zahlreiche Classen mit allmäligen Uebergängen geschieden werden. Tafel ausgedehnter, verbreiteter Nebel. Herschel's Abhandlung von 1818. Chronologische Aufzählung der Herschel'schen Entdeckungen von Nebeln und Sternhaufen. Sir John Herschel's Untersuchungen. Zahl der Nebel und Sternhaufen nach Sir John Herschel's Katalog.

Vertheilung der Nebelflecke an der Himmelssphäre. Beobachtungen von d'Arrest u. a. Sir John Herschel's Generalkatalog der Nebelflecke und Sternhaufen.

Der grosse Nebel im Orion. Der Nebel in der Andromeda. Nebel bei η Argus. Der grosse Nebel im Schwan. Der Nebelfleck im Fuchse. Der Nebel in den Plejaden. Der Spiralnebel in den Jagdhunden. Spiralnebel in Rosse's Verzeichnisse. Der Omeganebel. Nebel im Schwan. Der planetarische Nebel im Wassermann. Beschreibung weiterer planetarischer Nebel aus W. Herschel's Katalog. Planetarische Nebelflecke in Sir John Herschel's Verzeichnisse. Mehrfache Nebel. Physische Verbindung von Doppelnebeln. Stellung der Nebelflecke zum Universum. Veränderliche Nebelflecke. . . . . Seite 233 bis 294

Der Bau der Milchstrasse und des Himmels. Ansichten der Alten über die Natur der Milchstrasse. Kepler's Vorstellungen vom Bane der Milchstrasse. Die Hypothesen von Kant und Lambert. William Herschel's Arbeiten. Widersprüche, denen man in den verschiedenen Schriften begegnet, welche die Milchstrasse und Herschel's Arbeiten über dieselbe

Digitized by Google

besprechen. Die directen Beobachtungen der optischen Verhältnisse der Milchstrasse. Chronologische Zusammenstellung der Ansichten Herschel's über den Bau der Milchstrasse.

Struve's Untersuchungen. Vertheilung der Fixsterne am Himmelsgewölbe mit Rücksicht auf die Milchstrasse. Die Aichungen des Himmels. Anzahl der Sterne in den correspondirenden Rectascensionsstunden. Gesetz der mittlern Sternverdichtung in den verschiedenen Abständen senkrecht zur Milchstrasse. Gesammtfülle aller in Herschel's Teleskop noch sichtbaren Sterne. Mittlere Sternhäufigkeit in verschiedenen Winkeldistanzen von der Ebene der Milchstrasse. Einwürfe gegen Struve's Ansichten. Der unregelmässige Bau der Milchstrasse. Herschel's „Oeffnungen im Himmel". Stellung der Nebelflecke zur Milchstrasse. Mittlere Distanzen der Fixsterne verschiedener Grössenclassen. Herschel's Distanzbestimmungen der Sternhaufen. Absorption des Sternenlichtes in den Himmelsräumen. Untersuchungen hierüber von Struve. Verbesserte Distanzbestimmungen der Sternhaufen. Schlussbemerkungen . . . . . Seite 295 bis 321

Die Resultate der spectralanalytischen Untersuchungen am Fixsternhimmel. Historische Einleitung. Wollastone's Beobachtungen. Untersuchungen Fraunhofer's. Arbeiten von Kirchhoff und Bunsen. Schwierigkeiten der Beobachtung der Fixsternspectra. Beobachtungen von Huggins und Miller. Secchi's Apparate und Arbeiten. Untersuchungen über den Einfluss der Erdatmosphäre auf die Spectra. Secchi's Fixsterntypen. Typus der Sterne mit Spectren ohne intensive Absorptionsbanden. Typus der gelben Sterne mit feinen Linien. Typus der orangefarbenen oder röthlichen Sterne mit breiten Zonen. Typus der Spectra mit drei leuchtenden Banden. Spectroskopische Untersuchung der Veränderlichen. Die Spectralanalyse der Nebelflecke. Uebereinstimmung der spectroskopischen und teleskopischen Nebeluntersuchungen. Spectralanalytische Beobachtungen am südlichen Himmel von Lieutenant Herschel. Anwendung des Spectroskops zur Erkennung der Bewegung gewisser Fixsterne. Zusammenfassung der spectroskopischen Untersuchungen des Fixsternhimmels . . . . . Seite 322 bis 371

Berichtigungen und Zusätze . . . . . 372 bis 373

Digitized by Google

Astrognosie.

Indem wir vom Sonnensysteme zur Fixsternwelt, vom Individuellen zum Allgemeinen emporsteigen, betreten wir ein Gebiet, auf dem Jahrtausende hindurch die Phantasie der verschiedensten Völker mit besonderer Vorliebe ihre luftigen Gebilde errichtete: bald indem sie die leuchtenden Fixsterne zu bestimmten Gestalten gruppirte, bald indem sie solchen Gruppen gewisse Einflüsse auf den Makro- und Mikrokosmos beilegte, oder endlich Zweck und Dasein jener geheimnissvollen Lichter grübelnd zu ergründen strebte.

Bei allen Völkerstämmen, denen es ermöglicht war, über die niedrigsten Stufen der Barbarei emporzusteigen, begegnen wir den Rudimenten der Himmelskunde in einer mehr oder weniger ausgebildeten Astrognosie, die freilich häufig mit Astrolaterie verbunden erscheint. Der Fixsternhimmel hat seit jeher, und vielleicht mehr noch als die wechselnden Gestalten des Mondes oder die verschlungenen Bewegungen der Planeten, das Gemüth des ahnungsvoll aufblickenden Menschen mit dem Eindrucke des Erhabenen erfüllt.

Der Natur des Gegenstandes nach ist eine genauere Bestimmung der Zeit, wann die Fixsterne zu Bildern gruppirt und einzelne jener mit eignen Namen belegt wurden, nur ausnahmsweise möglich. So viel scheint indess sicher, dass einzelne Sterne Namen erhalten haben, ehe man sie sich als mit anderen zu Gruppen und Bildern verbunden dachte (Kosmos III, S. 97).

Die Gruppirung der Sternbilder, wie wir sie heute besitzen, ist das Resultat sehr verschiedenartiger Anschauungen und Zeiten. Nur nach und nach hat sich die Himmelssphäre mit Bildern erfüllt; aber die gegenwärtigen Bezeichungen sind keineswegs allenthalben noch die ursprünglichen. Wenn im Buche Hiob des Orion, des Wagens und der Gluckhenne

Digitized by Google

(im Arabischen nach Aben Ragel: Dedschâdsche elsemâ maa benâthâ, Henne des Himmels mit ihren Küchlein) gedacht wird, so darf man nicht vergessen, dass dies nur die modernisirten Namen und keineswegs die ursprünglichen Bezeichnungen sind. Den Griechen war zu Homer's Zeiten das Sternbild des kleinen Bären noch nicht bekannt, erst 200 Jahre nach dem Dichter der Iliade soll Thales die kleine Bärin eingeführt haben. Nach der grössern Bärin richtete schon der Achaier Odysseus seine Fahrt von Ogygia und nach der kleinern damals auch die Phöniker ihre Fahrten in den Okeanos, woher sie den Achaiern Zinn und Sonnenstein (Elektron) mit graulichen Sagen zuführten. Wenn Thales ihren verheimlichten Leitstern zuerst den Griechen empfahl, so ward doch die phönikische Bärin, wie man sie nannte, nur von Wenigen benutzt. Anakreon gedenkt (Od. XVII, 8) beider Wagen oder Bärinnen neben den wenigen Sternbildern, die Homer kannte; und Euripides im Pirithous singt, wie der Bärinnen Paar mit geflügeltem Schwung hinfährt um den Pol (Voss, Comm. zum Aratos S. 9). Die kleinere Bärin, Kynosura, eigentlich Hundeschwanz, war dem Mythus zufolge Jagdhündin der Callisto, die als grosse Bärin oder Helike, „Dreherin", den Pol umkreist. Nach Buttmann sagte diese Bezeichnung ursprünglich weiter nichts als die Windung, der Schnörkel, wegen des liegenden *S* oder der Schlangenlinie, welche die sieben Hauptsterne des grossen Bären bilden, wenn man das, was wir Viereck nennen, als einen nach Norden zu offenen Halbkreis sich denkt (Ideler, Urspr. d. Sternnamen S. 8). Das grössere Drehgestirn, als Bärin gedacht, hatte hinter sich den Bärenhüter, Arctophylax, als Wagen vor sich den Bootes. Arcturos scheint wie Arctophylax ursprünglich das ganze Gestirn bezeichnet zu haben, bei Hesiod ist die Bezeichnung, ob dem Sterne oder dem Bilde geltend, zweifelhaft. Martianus Capella und der Scholiast des Germanicus bezeichnen mit Arcturos die ganze Constellation, aber Aratus, Eratosthenes, Geminus und Ptolemäus beschränken sie auf den hellsten Stern desselben. In den alphonsinischen Tafeln wird, dem arabisch-lateinischen Almagest folgend, das Sternbild des Bootes „Vociferans" genannt, und analog findet sich in Mahmud El-Kazwini's (aus der Mitte des 13. Jahrhunderts stammender) Gestirnbeschreibung dafür die Bezeichnung El-auwâ, „der Schreiende". Ebendaselbst führt Arctur den Namen Hâris-el-semâ, Hüter des Himmels, weil er nie in den Strahlen der Sonne verschwindet (Ideler, a. a. O. S. 46).

Der Ursprung des Thierkreisgürtels ist nach Letronne und Ideler in Chaldäa zu suchen. Lepsius glaubt, dass die Kenntniss desselben vereinzelt vielleicht schon im siebenten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung zu den Griechen kam, dass aber die verschiedenen Bilder erst nach und nach dort einbürgerten (Lepsius, Chronologie d. Aegypter, 1849, S. 65, 124). Diese Bilder selbst, wie wir sie heute besitzen, sind gewiss griechischen Ursprungs; das beweist die ganze Eintheilung und nicht minder der Umstand, dass sich noch Nachrichten über die Einführung verschiedener Zodiakalzeichen erhalten haben. Nach dem Zeugnisse des Plinius, das

Digitized by Google

freilich Ideler nicht sehr beweisend scheint, soll Cleostratus aus Tenedos (in der 71. Olympiade) den Widder und den Schützen in den Zodiakus gesetzt haben. Das Sternbild der Jungfrau, bald Asträa, bald Erigone oder Dike genannt, ward vielleicht von einem Bewohner der Stadt Thespeia am Helikon an den Himmel versetzt, denn Theon meldet, dass die Jungfrau am Himmel zum Ruhme dieser Stadt aufgezählt werde. Der Skorpion ward erst durch Kallistratus (nach der 60. Olympiade) Sternbild und füllte zwei der zwölf Abtheilungen aus, vielleicht in Anspielung auf die schreckhafte Grösse des Skorpions, der nach der Sage den gewaltigen Jäger Orion auf Chios tödtete. Das Ungeeignete dieser Anordnung, welche statt 12 nur 11 Bilder zuliess, scheint, nach Letronne's Vermuthung, von Hipparch erkannt und beseitigt worden zu sein, indem er an Stelle der Scheeren des Skorpions die Wage einführte. Der Scholiast des Aratus sagt: „Diese Scheeren heissen bei den Astronomen die Wage, entweder weil sie einer solchen gleichen, oder weil sie sich zu den Füssen der Jungfrau befinden; denn diese ist die Göttin der Gerechtigkeit (Δίκη), der die Wage als Symbol zugesellt ist.“ Ideler hält das Bild der Wage für ein uraltes, höchst wahrscheinlich aus dem Orient gekommenes Symbol der Gleichheit von Tag und Nacht. Buttmann glaubt, und Ideler stimmt ihm hierin bei, dass die χηλαί ursprünglich die beiden Schalen der Wage bedeutet hätten und später durch ein Missverständniss in die Scheeren des Skorpions umgewandelt wurden (Kosmos III, S. 198).

Im Kalender des Geminus wird Kalippus als der Erste genannt, der mit dem Krebs die Sommerwende, mit dem Steinbock die Winterwende bezeichnete.

Die Reihenfolge der Zodiakalzeichen begann Eudoxus mit dem Widder des Frühlingsäquinoctiums, Aratus dagegen beginnt seine poetische Beschreibung des Thierkreises mit dem Krebs, weil Meton, dessen Kalender im häuslichen Gebrauche vorwaltete, sein astronomisches Jahr von der Sonnenwende im Krebs anfing (Voss a. a. O. S. 97, 135).

In der versificirten, geistlosen, in den Thatsachen dem Eudoxus entlehnten Gestirnbeschreibung des Aratus, der um 270 v. Chr. am Hofe des Antigonus Gonatus von Macedonien lebte, kommen folgende Sternbilder der Reihe nach vor: Die beiden Bären, der Drache, der Kniende (Herkules), die Krone, der Schlangenträger, die Schlange, der Skorpion, die Skorpionsscheeren, der Bärenhüter, die Jungfrau, die Zwillinge, der Krebs, der Löwe, der Fuhrmann, der Stier, die Hyaden, der Cepheus, die Cassiopeia, die Andromeda, das Pferd (Pegasus), der Widder, die Triangel, die Fische, der Perseus, die Plejaden, die Leyer, der Vogel (Schwan), der Wassermann, der Steinbock, der Schütze, der Pfeil, der Adler, der Delphin, der Orion, der Hund, der Hase, die Argo, der Walfisch, der Fluss (Eridanus), der südliche Fisch, das Wasser oder der Guss des Wassermanns, der Altar, der Centaur, das Thier (der Wolf), die Wasserschlange, der Becher, der Rabe.

Digitized by Google

Die Abweichungen dieser Bilder von den gegenwärtig geltenden sind nur gering. Noch geringer sind dieselben in den Katasterismen des Eratosthenes; hier findet sich zuerst der Name des Schwans und das Sternbild, welchem Conon den Namen Haupthaar der Berenice gab, der Gemahlin von Philadelphus Euergetes, unter welchem Eratosthenes Vorsteher der Bibliothek des Alexandrinischen Museums war.

Die Fixsterntafel des Almagest enthält 48 Sternbilder, welche wir noch jetzt die alten nennen, 21 davon sind nördliche, 15 südliche und 12 Ekliptikalbilder. Uebrigens schliessen diese Bilder nicht allenthalben unmittelbar an einander an, sondern es bleiben Zwischenräume und Sterne in diesen, welche unförmliche genannt werden. Der Almagest hat nur wenige Eigennamen von einzelnen Sternen und Sterngruppen, nämlich folgende: Arctur, die Leyer, die Ziege, die Böckchen, der Adler, die Hyaden, die Plejaden, die Esel, Regulus (*Βασιλίσκος*), Vindemiatrix (*Ἱροτρυγητὴς*), die Kornähe, Antares, der Hund, Canopus und Procyon. Die 48 Bilder des Almagest sind folgende:

a) Die nördlichen:

Der kleine Bär, der grosse Bär, der Drache, Cepheus, Bootes, die nördliche Krone, Herkules, die Leyer, der Schwan, Cassiopeia, Perseus, der Fuhrmann, der Schlangenträger, die Schlange, der Pfeil, der Adler, der Delphin, das kleine Pferd, Pegasus, Andromeda, das nördliche Dreieck.

b) Die Ekliptikalbider:

Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische.

c) Die südlichen:

Der Walfisch, Orion, Fluss Eridanus, Hase, grosser Hund, der kleine (oder vorangehende) Hund, Schiff Argo, weibliche Wasserschlange, Becher, Rabe, Altar, Centaur, Wolf, südliche Krone, südlicher Fisch.

Die Zwischenräume und Lücken zwischen den alten Sternbildern und die Regionen um den Südpol des Himmels haben später, im Laufe der Jahrtausende, dazu gedient, die ursprüngliche Zahl der Sternbilder nach und nach fast bis auf das Dreifache zu vermehren. Obgleich Ptolemäus neben dem Haupthaare der Berenice auch das Sternbild des Antinous kannte und desselben gelegentlich erwähnte, so hat dennoch erst 1603 Tycho beide in seine Progymnasmata aufgenommen und dadurch wirklich eingeführt.

Bayer in seiner Uranometria führt um dieselbe Zeit noch folgende Bilder auf:

Phönix, Tucan, männliche Wasserschlange, Taube, Schwertfisch oder Xiphias, fliegender Fisch, südliches Kreuz, Chamäleon, Biene, südlicher Triangel, Paradiesvogel, Pfau, Indianer, Kranich.

Es ist heute nicht mehr mit Sicherheit zu entscheiden, wer die einzelnen dieser Bilder eingeführt hat. Des südlichen Kreuzes wird zuerst 1515 in einem Briefe des Florentiners Andrea Corsali gedacht. Er erwähnt dort der weissen Wolken, welche bald steigend, bald sinkend, sich

Digitized by Google

in kreisförmiger Bahn um den Südpol bewegen, und fährt dann fort: „Ueber diesen Wölkchen erscheint ein wunderbares Kreuz . . . von solcher Schönheit, dass es meines Erachtens mit keinem andern Gestirn des Himmels verglichen werden kann. Irre ich nicht, so ist dies eben das Kreuz, dessen Dante in prophetischem Geiste gedenkt.“ Die schöne Stelle Dante's im ersten Gesange des Purgatorio:

I' mi volsi a man destra e posi mente
All' altro polo, e vidi quattro stelle . .

beweist, dass der Vater der italienischen Poesie die vier Sterne des südlichen Kreuzes kannte, sei es nun, dass er arabische Sterngloben gesehen, oder seine Kenntniss dem Umgange mit orientalischen Reisenden aus Pisa verdankte.

Das 1624 erschienene Planisphaerium von Jacob Bartsch, dem Schwiegersohne Kepler's enthält folgende neue Sternbilder:

Die Giraffe, die Fliege, das Einhorn, den Tigris, den Jordan, den Hahn und den Rhombus.

Uebrigens hat Bartsch diese Bilder wohl schon vorgefunden und nahm sie der Vollständigkeit halber mit auf. Dass zur damaligen Zeit wohl noch manche andere Sternbilder im Volksmunde waren, geht aus einer Bemerkung Ideler's hervor, der in einem alten astrologischen Buche, das 1564 unter dem Titel: „HimmelsLauffs Wirkung und natürliche Influenz der Planeten etc.“ erschien die Sternbilder „der Neper“ und „der Fan“, nach der Abbildung ein Bohrer und eine Fahne, aufgeführt fand.

Die Sternbilder Jordan und Tigris sind schon von Hevel gestrichen worden, in dessen 1690 erschienenem Prodromus Astronomiae folgende neue Bilder vorkommen:

Die Jagdhunde Asterion und Chara, der Berg Mänalus, der Cerberus, der Fuchs mit der Gans, die Eidechse, der Luchs, der Sobieski'sche Schild, der kleine Löwe, der kleine Triangel, der Sextant.

Diese Sternbilder haben sich fast sämmtlich erhalten, während die von Augustin Royer 1679 adoptirten Constellationen der Lilie und des Scepters und der Hand der Justiz, kriechender Schmeichelei gegen Ludwig XIV. entsprungen, mit dieser verschwunden sind.

Die von Halley eingeführten Sternbilder Karl's Eiche und Herz Karl's II. bezeugen nur die bedauerliche Schwäche eines sonst unstreitig bedeutenden Mannes, ähnlich wie die folgenden von La Caille um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts am südlichen Himmel eingeführten Bilder nur den schwächsten Theil seines 1763 erschienenen Coelum australe stelliferum bilden:

Die Bildhauerwerkstatt, der chemische Ofen, die Pendeluhr, das rhomboidische Netz, der Grabstichel, die Malerstaffelei, der Schiffscompass, die Luftpumpe, der Oktant, der Zirkel, das Winkelmaass und Lineal, das Teleskop, das Mikroskop, der Tafelberg.

Digitized by Google

In Flamsteed's von Fortin 1776 französisch edirtem Himmelsatlas findet man das Sternbild des Renthiers, von Lemonnier zum Gedächtniss der lappländischen Gradmessung eingesetzt. Derselbe französische Astronom versuchte der peruanischen Gradmessung in dem Einsiedlervogel (ziemlich wenig passend) ein Denkmal zu setzen.

In Bode's „Vorstellung der Gestirne etc. 1782" findet sich das schon 1688 von Gottfried Kirch vorgeschlagene Brandenburgische Scepter, ferner der (1777 von Poczobut in Wilna projectirte) Poniatowskische Stier. Das Sternbild „Friedrichs Ehre" ist 1787 von Bode erdacht und im Astron. Jahrbuche für 1790 näher beschrieben worden.

Lalande hat 1775 den Erntehüter, Messier, als neues Sternbild eingeführt, um Messier's Verdienste zu ehren, ebenso 1795 den Mauerquadranten, um das Andenken an das Instrument zu erhalten, mit dem sein Neffe den Grund zum ersten grossen Fixsterncataloge legte. Im Jahre 1798 schlug Lalande das Sternbild des Luftballs vor und liess schliesslich auch ein Sternbild der Katze auf die von ihm (und Mechain) veranstaltete Ausgabe des Flamsteed'schen Atlasses stechen. Die Sternbilder Georgsharfe und Herschel's Teleskop wurden 1789 von Hall vorgeschlagen, während Buchdruckerwerkstatt und Elektrisirmaschine von Bode eingeführt worden sind.

Im Jahre 1841 hat Sir John Herschel in einer eignen Abhandlung die Gründe für eine Abänderung der Begrenzungen und Nomenclatur der Sternbilder, besonders des Südhimmels entwickelt. Später ist dieser berühmte Astronom, wie es scheint mit Recht, von diesem Projecte, das die Verwirrung nur noch steigern würde, abgekommen. Mit Recht klagt dagegen Olbers über das Unpassende der neueren Sternbilder (Schumacher's Jahrbuch 1840, S. 238) und bemerkt unter anderm, dass „um für Friedrichs Ehre am Himmel Raum zu geben, die Andromeda ihren rechten Arm an eine andere Stelle legen müsste, als derselbe seit dreitausend Jahren eingenommen."

Erst der allerneuesten Zeit ist es vorbehalten geblieben, bezüglich der Sternbilder definitive Entscheidungen treffen zu können. Die Deutsche astronomische Gesellschaft hat sich dahin erklärt, nur diejenigen Sternbilder anzuerkennen, welche sich in Argelander's neuer Uranometrie aufgenommen finden. Eine anmuthige Belebung des nächtlichen Himmelsgewölbes bietet die willkührliche und vielfach unzweckmässige Eintheilung desselben in Constellationen, deren Grenzen durch Nichts bezeichnet werden, in keiner Weise. Wenn jene Belebung überhaupt durch eine Benennung hervorgerufen werden kann, so knüpft sie sich gewiss mehr an die Hervorhebung und Namensbezeichnung der hellsten Sterne, unter denen z. B. der Name Sirius eine ganze Fluth historischer und astronomischer Erinnerungen ins Gedächtniss zurückruft, während das Sternbild des grossen Hundes als solches gar keine Bedeutung beanspruchen kann.

Digitized by Google

Der Weltraum und was ihn erfüllt.

Philosophische Betrachtungen sowohl als die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen, die Resultate der mit den mächtigsten Teleskopen unternommenen Streifzüge durch den Sternenhimmel, zwingen zu der Annahme, dass der Weltraum unendlich, schrankenlos ist. Zeit und Raum strömen allenthalben in der Natur dem Forscher in unermesslicher Fülle entgegen. Nur einzelne Theile des Weltraumes sind messbar geworden und bloss eine kurze Spanne Zeit hat sich in den exacten Forschungen als messbar verflossen gezeigt. Aber wenn auch die Unendlichkeit des Weltraumes, die Unbegrenztheit der physischen Möglichkeit der Existenz von Körpern in jeder beliebigen Distanz von einem gewählten Anfangspunkte, nicht geleugnet werden kann; so unterliegt doch der weitere, häufig gezogene Schluss, dass der unendliche Raum auch von einer unendlichen Anzahl von Weltkörpern erfüllt sei, grossen und begründeten Bedenken. Auf dem ganzen Gebiete der beobachtenden und rechnenden Astronomie zwingt keine einzige Thatsache zu der Annahme einer unendlichen Menge von Himmelskörpern, vielmehr verlangt die Harmonie der himmlischen Bewegungen weit eher eine begrenzte, wenn auch immerhin unfassbar grosse Menge von Weltkörpern.

Es sind vielfach und von den verschiedenartigsten Gesichtspunkten aus Vermuthungen über das ausgesprochen worden, was die Himmelsräume zwischen den eigentlichen Weltkörpern erfüllt und was gegenwärtig sehr unbestimmt und vieldeutig mit dem Ausdrucke Aether bezeichnet wird. Schon die Alten nahmen einen „Weltäther" an; bei den indischen Naturphilosophen wird derselbe als ein Fluidum von unendlicher Feinheit, welches das ganze Weltall durchdringt, bezeichnet und, merkwürdig genug, neben dem Anreger des Lebens auch als Träger des Schalls anerkannt. Nach Professor Buschmann bedeutet das Sanskritwort âschtra für Aether: Luftkreis, und seiner Wurzel as, asch, wird die Bedeutung

Digitized by Google

glänzen, leuchten beigelegt. Die Identificirung der Wirkung der Luft und des Aethers trifft man nicht mehr bei Anaxagoras und Empedocles, welche den Aether über der Atmosphäre annehmen und denselben keineswegs bis zum Erdboden herabreichen lassen. Aber was beide Philosophen unter ihrem Aether verstehen, bleibt dunkel. Schon Aristoteles sagt: „Der sogenannte Aether hat eine uralte Benennung, welche Anaxagoras mit dem Feuer zu identificiren scheint: denn die obere Region sei voll Feuer; und jener hielt es mit dieser Region so, dass er sie für Aether ansah; darin hat er auch Recht. Denn den ewig im Lauf begriffenen Körper scheinen die Alten für etwas von Natur Göttliches angesehen und deshalb Aether genannt zu haben: als eine Substanz, welche bei uns nichts Vergleichbares hat."

Wenn die Alten durch mehr oder weniger grundlose Speculationen zu der Annahme eines ätherischen Fluidums gelangten, so ist dagegen die moderne Wissenschaft auf dem Wege der exacten Messung und Rechnung zu der Annahme eines die Welträume erfüllenden Fluidums von sehr bedeutender Feinheit gelangt. Die der Zeit proportionale Vergrösserung der mittlern täglichen Bewegung des Kometen von 1200 Tagen Umlaufszeit, welche Olbers und Encke auf die Annahme eines die Himmelsräume erfüllenden „widerstehenden Mittels" führte, würde für dessen Existenz durchaus beweisend sein, wenn nicht gerade die Kometen Weltkörper von so eigenthümlicher Constitution wären, dass es durchaus nicht im Gebiete der Unwahrscheinlichkeit liegt, in ihnen Processe vor sich gehend anzunehmen, die einen wahrnehmbaren Einfluss auf die Tangentialgeschwindigkeit des ganzen Körpers ausüben. Professor Förster bemerkt: „Gewiss wird Niemand die letzte grössere Abhandlung über den Kometen im astronomischen Jahrbuche für 1861 ohne den Eindruck gelesen haben, dass in der für 22 Umläufe zwischen 1785 und 1858 mit grosser Mühe und Feinheit abgeleiteten starken Verkürzung der Umlaufszeit ein Resultat vorliegt, welches die grösste Beachtung verdient, und welches man nicht durch blosse Vermuthungen über den Einfluss von logischen Irrthümern in den Störungsrechnungen entkräften kann. Aber die Führung des positiven Nachweises von der Unzulänglichkeit der blossen Gravitationstheorie zur Erklärung jener Erscheinung wird dennoch einer Verstärkung durch eine neue, völlig unabhängige und kritische Durchführung aller Encke'schen Störungsrechnungen unabweislich bedürfen. Die Resultate der bisherigen mechanischen Integrationen werden selbst in demjenigen Zeitraum (1819 bis 1848), in welchem sie zwar formell erschöpfend durchgeführt, aber nicht durch unabhängige Wiederholung geprüft sind, mit Bedenken behaftet sein, welche durch die unvermeidliche Anhäufung der kleinen Irrthümer gerade solcher Rechnungen hervorgerufen werden. Viel grösser sind aber die von Encke selbst hervorgehobenen Schwächen des Verfahrens zwischen 1785 und 1819 und nach 1848" (Vierteljahrschrift d. astr. Ges. II, 2, S. 124 bis 125).

Die successive Abnahme der halben grossen Axe der Bahn beim

Digitized by Google

Encke'schen Kometen kann, trotzdem derselbe in seinem Perihel der Sonne nur wenig näher kommt als Merkur und im Aphel die Entfernung des Jupiter nicht erreicht, auf den hemmenden Einfluss eines Fluidums zurückgeführt werden, das in der Nähe der Sonne das Maximum seiner Dichte erlangt. Freilich hat sich in der Bewegung des Merkur, der im Perihel eine noch bedeutendere Annäherung an die Sonne erreicht als Encke's Komet, etwas Aehnliches nicht gezeigt, was der überwiegend bedeutendern planetarischen Masse zugeschrieben wird. Wie dem aber auch immerhin sein möge, jedenfalls ist es nicht gestattet, dasselbe unfassbar feine Fluidum, welches der Träger der Schwingungen des Lichtes und der strahlenden Wärme ist, identisch anzunehmen mit demjenigen, das hemmend die Bahn eines Kometen zu verengen vermag. Ersteres ist gewiss durch den ganzen Weltraum verbreitet, letzteres kann man sich als jedem Sonnensysteme individuell angehörend und dasselbe bis zu einer gewissen Distanz in abnehmender Dichte (vergleichbar der Atmosphäre um Herschel's Nebelsterne) umhüllend vorstellen. Der gegenwärtige Zustand der Wissenschaft verbietet in keiner Weise die Annahme einer solchen Hypothese. Die Extinction des Sternenlichtes in den Himmelsräumen, auf deren Nachweis aus Struve's Rechnungen in einem spätern Capitel dieses Werkes näher eingegangen wird, könnte aber möglicher Weise von der Absorption in einem Fluidum anderer Art herrühren, als die Abnahme der halben grossen Axe der Bahn des Encke'schen Kometen. Findet diese Extinction vielleicht in den Aether selbst statt, der die Schwingungen von Licht und Wärme radiirend fortträgt? Noch ist der Hypothese hier freier Spielraum gestattet. Derselbe Aether ist aber gewiss der Träger elektromagnetischer Strömungen, durch welche ferne Weltkörper mit einander in vielfachen, bis jetzt nur sehr fragmentarisch erkannten Verbindungen stehen. Lorenz hat, von den durch Kirchhoff nachgewiesenen Gesetzen für die Bewegung der Elektricität in Körpern von constantem Leitungsvermögen ausgehend, gezeigt, dass solche elektrische Ströme möglich sind, welche sich in jeder Weise wie die Schwingungen des Lichtes verhalten, d. h. winkelrecht auf der Richtung ihrer Fortpflanzung stehen. Derselbe Gelehrte hat aus den Versuchen Kirchhoff's und Weber's über die Bewegung der Elektricität, auf rein theoretischem Wege einen Werth (41 950 geographische Meilen in der Secunde) für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes abgeleitet, der in bemerkenswerther Weise den anderweitig hierfür gefundenen Werthen nahekommt. Ebenso ergibt die Untersuchung, dass alle guten Leiter der Elektricität die Lichtstrahlen in hohem Grade absorbiren, ferner, dass durchsichtige Körper schlechte Elektricitätsleiter sind: was alles mit der empirischen Forschung übereinstimmt. Nimmt man hierzu das von demselben Gelehrten erlangte Resultat, dass man umgekehrt aus den bekannten Gesetzen des Lichtes auch diejenigen der elektrischen Ströme ableiten kann, so ergibt sich hieraus die wichtige Folgerung, dass die Schwingungen des Lichtes selbst elektrische Ströme sind. Des Einflusses von

Digitized by Google

Sonne und Mond auf den Erdmagnetismus wurde bereits im ersten Bande dieses Werkes gedacht; allein wenn auch in dieser Beziehung eine Einwirkung des Fixsternhimmels nicht füglich als bemerkbar gedacht werden kann, so gilt dies doch in keiner Weise von der strahlenden Wärme, welche die Fixsterne uns zusenden.

Fourier und Poisson haben sich viel mit der Temperatur des Weltraums, der Wärmestrahlung der Fixsterne und der Absorption dieser Wärme beim Durchlaufen der Aetherschichten beschäftigt. Diese Untersuchungen haben ein hohes wissenschaftliches Interesse, aber den speciellen Zahlenwerthen welche als Resultate derselben erscheinen, muss man billig misstrauen. Schon die mangelhafte Uebereinstimmung dieser Zahlenwerthe bezeugt ihr geringes Gewicht.

Fourier kommt 1822 in seiner berühmten „Theorie analytique de la chaleur" zu dem Ergebnisse, dass die Temperatur der Himmelsräume noch etwas unter dem grössten Kältegrade liege, welchen man bis jetzt in den Polargegenden beobachtet hat. Diese Schlussfolgerung kann wissenschaftlich nicht angefochten werden, allein die Angabe von — 50°C. bis — 60°C. für die Temperatur des Weltraumes ist ziemlich willkührlich. Diesem Resultate kommt übrigens das Ergebniss ziemlich nahe, welches Swanberg 1830 aus einer Untersuchung über die Strahlenbrechung zog. Er findet die Temperatur des Weltraums zu — 50,3°C. Poisson kommt auf theoretischem Wege zu einem Werthe von nur — 13°C. und behauptet, dass der Weltraum wärmer als die äussersten Schichten unserer Atmosphäre sein müsse, eine Ansicht, die den schwierigsten theoretischen Bedenken unterliegt.

Die actinometrischen Versuche Pouillet's haben diesen Physiker zu einem Werthe von — 142°C. für die Temperatur des Weltraums geführt. Diese grauenvoll niedrige Temperatur würde doch gleichwohl noch um 131°C. über demjenigen Punkte liegen, den die moderne Physik als den absoluten Nullpunkt der Temperatur zu bezeichnen pflegt. (Compt. rend. VII, p. 25 bis 65.)

Wie dem aber auch immer sein möge, jedenfalls kann die Behauptung Saigey's: dass wenn die Himmelsräume nicht eine gewisse Wärme (die er auf — 65°C. berechnet) besässen, die Atmosphäre unserer Erde eine Erkaltung erleiden müsste, deren Grenze man nicht zu berechnen vermöchte, nicht bestritten werden. (Saigey Physique du Globe p. 77.)

Poisson's Ansicht, dass wegen der ungleichen Vertheilung der wärmestrahlenden Sterne die verschiedenen Regionen des Weltraumes eine sehr verschiedene Temperatur haben, ist nicht zu bestreiten; aber schwerlich kann man dem genannten grossen Mathematiker beipflichten, wenn er diese Temperaturextreme so weit ausgedehnt wissen will, um dadurch die innere Erdwärme zu erklären.

Die Entdeckung der merkwürdigen Thatsache, dass die Wärme einzelner Fixsterne trotz der ungeheuren Entfernung, welche jene Weltkörper von der Erde trennt, noch durch unsere Instrumente wahrgenommen

Digitized by Google

werden kann, verdankt die Wissenschaft dem Scharfsinne und der Thätigkeit von Huggins. Diese Entdeckung ist um so merkwürdiger, als man allgemein das Vorurtheil hegte, dass die Wärmestrahlung der Fixsterne im Vergleich zu derjenigen des Mondlichtes verschwindend gering sein müsse. Huggins bediente sich zu seinen Messungen eines astatischen Galvanometers, dessen Empfindlichkeit dadurch möglichst erhöht wurde, dass die magnetische Kraft beider Nadeln beständig gleich erhalten wurde. Das Maximum der Empfindlichkeit erhielt sich dauernd, wenn beim Gebrauche des Apparates die Nadeln des Instrumentes senkrecht zum magnetischen Meridiane standen, und war so bedeutend, dass der schwache, thermoelektrische Strom, der entsteht, wenn man zwischen Daumen und Zeigefinger die beiden Enden von Kupferdrähten verschiedener Sorten hält, die Nadeln um 90 Grad ablenkte. Die bei Beobachtung der Sternwärme zur Verwendung gekommenen thermoelektrischen Säulen bestanden aus 1 oder 2 Elementen; für den Mond wurden hingegen 24 Elementenpaare in Anwendung gebracht. Die Säule befand sich im Innern einer Pappröhre, die von einer andern umgeben wurde, während der Zwischenraum zwischen beiden mit Baumwolle angefüllt war. Andere sehr sinnreiche Vorrichtungen hielten jede seitliche Wärmeeinwirkung ab. Das Licht der Fixsterne wurde mittels eines achtzölligen Refractors concentrirt und die vordere Fläche der Säule befand sich genau im Brennpunkte der Objectivlinse. Die Beobachtungen geschahen stets erst, nachdem der Apparat viele Stunden hindurch vollständig zu den Untersuchungen fertig gestanden und die Wärme sich allenthalben gleich verbreitet hatte, bis die Nadel in einer constanten Lage sehr nahe bei Null verharrte. Bei den eigentlichen Beobachtungen wurde das Fernrohr mit Hülfe des Suchers zuerst in die Nähe des zu beobachtenden Fixsternes gebracht und so lange mittels eines Uhrwerks in dieser Lage gelassen, bis die Nadel keinerlei Ablenkung zeigte. War dies mehrere Minuten lang nicht der Fall, so wurde der Refractor rasch auf den ausgewählten Stern gerückt, so dass dessen Bild auf die Thermosäule fiel. Das Uhrwerk hielt das Bild in dieser Lage fortwährend und man beobachtete dann etwa 5 Minuten hindurch den Ausschlag der Nadel. Dann drehte man das Fernrohr wieder von dem Sterne fort und die Nadel ging auf ihren ursprünglichen Stand zurück. Solcher Beobachtungen wurden an einem und demselben Sterne mehrere Nächte hindurch jedesmal 10 bis 12 angestellt. Die mittleren Ablenkungen der Nadel waren für

Sirius	2^0
Pollux	$1^1/_2{}^0$
Regulus	3^0
Arctur	$3^1/_4{}^0$
Castor	0^0

Das nämliche Instrument, welches zur Erkennung der Sternwärme von Huggins verwandt wurde, zeigte beim Vollmonde bisweilen deutliche Wärmewirkungen, bisweilen aber blieben dieselben aus.

Digitized by Google

Am 13. Januar 1870 hat Stone der Royal Society die Resultate weiterer Untersuchungen, welche er auf der Sternwarte Greenwich über die Wärme der Fixsterne angestellt hat, vorgelegt. Es ergab sich bei diesen, mittels eines Thermomultiplicators ausgeführten Beobachtungen, dass die Wärmemenge, welche uns Arctur zusendet, weit beträchtlicher ist als diejenige, die von Wega ausstrahlt, ein weiterer Beweis, dass die Wärmequantität in keiner directen Beziehung zur scheinbaren Helligkeit der Fixsterne steht. Man kann nach den Untersuchungen von Stone die Wärmestrahlung des Arctur bei einer Höhe des Sternes von 25° über dem Horizonte etwa derjenigen gleichsetzen, welche ein mit siedendem Wasser angefüllter Leslie'scher Würfel von 3 Zoll Seite in 400 Yards Entfernung hervorbringt. Die Wärme von Wega würde etwa derjenigen gleich zu stellen sein, welche derselbe Würfel in 600 Yards Entfernung hervorbringt, sie ist also bloss $^4/_9$ von derjenigen des Arctur. Dieser letztere Stern ist roth, während das Licht der Wega weiss ist, und Stone glaubt, dass die wärmenden Strahlen des Spectrums (diejenigen gegen das rothe Ende hin) in der Atmosphäre der Wega stärker absorbirt werden als auf dem Arctur.

Digitized by Google

Photometrische Reihung der Fixsterne.

Von den Sternbildern, ihren vielfach unpassenden Gruppirungen und Benennungen, wenden wir uns zu der photometrischen Reihung der Fixsterne, die sie enthalten. Von Hipparch's Zeiten, vielleicht sogar seit den Tagen seiner Vorgänger Timocharis und Aristyllus, bis auf Herschel und Steinheil, also während eines langen Zeitraumes von mehr als 2000 Jahren, sind die Helligkeitsverhältnisse der Fixsterne Gegenstand von meist nur oberflächlichen Schätzungen gewesen.

In dem Hipparchisch-Ptolemäischen Sternverzeichnisse werden die dem blossen Auge sichtbaren Fixsterne in sechs Classen oder Grössenordnungen unterschieden und die, schwächer als die sechste Grösse leuchtenden, dunkle Sterne genannt. Diese ungemein mangelhaften Schätzungen wurden unter dem sternkundigen Ulugh Beig von Abdurrahman Sufi revidirt und durch Einführung von drei Unterabtheilungen (kleine, mittlere und grosse Sterne jeder Classe) verfeinert. Allein auch hiermit war nur ein geringer Fortschritt angebahnt und noch mehr als dreihundert Jahre lang, blieb der Willkühr in der Helligkeitsbezeichnung der dem blossen Auge sichtbaren Fixsterne ein weites Feld offen. Erst der ältere Herschel versuchte, auch nach dieser Richtung hin, zuverlässigere Methoden und Resultate zu geben. In seiner achten Abhandlung von 1817 gibt William Herschel folgende Beschreibung seines photometrischen Verfahrens, das er „Gleichstellung des Sternlichtes" nennt:

„Von zehn in hohem Grade vollendeten Spiegeln wählte ich zwei von gleichem Durchmesser und gleicher Brennweite aus und stellte sie in zwei ganz ähnlich zugerichtete, siebenfüssige Teleskope. Nachdem beide vollständig fertig waren, richtete ich sie mit einer Vergrösserung von 118 auf einen und denselben Stern und fand, dass nicht bloss das Licht dieses Sternes, sondern auch jedes andern in beiden vollkommen gleich erschien. Die beiden Instrumente waren bei den Beobachtungen eines nahe vor das

Digitized by Google

andere gestellt und so dicht bei einander, dass kaum etwas mehr als eine Secunde Zeit erfordert wurde, um von einem in das andere zu sehen. Diese bequeme Stellung der Instrumente ist von grosser Wichtigkeit. Der Lichteindruck des einen Sternes muss so schnell als möglich dem Eindrucke des andern Sternes folgen, und diese wechselseitige Betrachtung muss mehrmals wiederholt werden, um die kleine Ueberwucht zu entfernen, welche immer der letzte Anblick eines hellen Gegenstandes über den unmittelbar vorhergehenden hat."

„Bei der Vergleichung des Lichtes zweier Sterne miteinander legte ich das Princip zum Grunde, dass keine Schätzung, sondern nur das Urtheil über vollkommene Gleichheit stattfinden solle. Da ferner die gleiche Wirkung beider Werkzeuge entschieden war, so berechnete ich die Durchmesser mehrerer Oeffnungen, die ich einem der Teleskope, das als Maassstab diente, geben müsste, damit das andere — welches ich das gleichstellende nannte — mit seiner ganzen, unbeschränkten Oeffnung gebraucht werden könnte, um mancherlei Sterne zu untersuchen, bis sich einer fand, dessen Licht vollkommen gleich war dem Lichte des Sternes, auf welchen das Maassstab-Teleskop gerichtet war. — Bei Berechnung einer Reihe von Oeffnungen für den genannten Zweck nahm ich keine auf, die weniger als ein Viertel Licht gab; denn bei einer grössern Zusammenziehung der Oeffnungen am Spiegel würde die Zunahme der falschen scheinbaren Durchmesser das Urtheil über die Lichtgleichheit einem möglichen Irrthum aussetzen. — Diese Methode der Gleichstellung des Sternenlichtes, so leicht sie auch erscheinen mag, ist dessen ungeachtet grossen Schwierigkeiten unterworfen. Denn da die Helligkeit eines Sternes durch seine Lage bedingt ist, in Anbetracht des umgebenden Lichtes des Himmels, so sollten die Sterne, welche man gleichstellen will, womöglich in derselben Gegend stehen. Wenn die Sonne tief unter dem Horizonte ist, so hat dies keine so grossen Folgen auf sich, als die Höhe der gleichzustellenden Sterne, welche so nahe als möglich der Höhe des als Maassstab angenommenen Sternes sein muss. Bei grossen Höhen kann eine Differenz derselben wohl zugelassen werden; sind die gleichzustellenden Sterne aber weit von einander entfernt, so muss auf die Umstände gleicher Beleuchtung des Himmels und gleicher Reinheit der Luft immer Rücksicht genommen werden."

Herschel hat seine photometrische Methode nur in sehr beschränktem Maasse zur Bestimmung der relativen Lichtintensitäten der Fixsterne angewandt. Folgendes sind die Resultate für einzelne Sterne, die er im August und December 1803 sowie im Februar 1814 erhielt:

$\left.\begin{array}{l}\alpha \text{ Andromeda}\\ \alpha \text{ Kleiner Bär}\\ \gamma \text{ Grosser Bär}\\ \delta \text{ Cassiopeia}\end{array}\right\} = {}^1/_4$ der Lichtmenge von α Bootes.

Digitized by Google

48 Fl. Pegasus = $^1/_4$ der Lichtmenge von α Andromeda
70 Fl. „ = $^1/_4$ „ „ „ β Pegasus
β Fuhrmann, β Stier = $^1/_4$ „ „ „ α Fuhrmann
ζ Stier, ζ Fuhrmann = $^1/_4$ „ „ „ β Stier
c Perseus, H Zwillinge = $^1/_4$ „ „ „ ζ Fuhrmann
d „ = $^{16}/_{25}$ „ „ „ H Zwillinge
β Stier = $^1/_4$ „ „ „ α Leyer
α Kleiner Hund = $^{36}/_{49}$ „ „ „ α Fuhrmann
α Kleiner Hund = $^{16}/_{49}$ „ „ „ α Grosser Hund

Zahlreichere photometrische Untersuchungen hat später John Herschel bei seinem Aufenthalte am Cap der guten Hoffnung angestellt. Er bediente sich dabei eines sogenannten Astrometers, bei dem das von einer stark convexen Linse erzeugte und durch innere Reflexion an einem Glasprisma ins Auge gesandte Bild des Mondes in verschiedenen Entfernungen zu einem hellern oder schwächern Sterne concentrirt wurde, der als Vergleichstern diente. Uebrigens war John Herschel von den Ergebnissen seiner Methode nicht zufriedengestellt, wozu theilweise auch die von ihm benutzte unrichtige Reductionsformel für die verschiedenen Mondphasen beitrug, so dass er schliesslich den Jupiter statt des Mondes als Vergleichungsmire vorschlug. (Recknagel, Lambert's Photometrie, München 1861, S. 33).

Photometrische Bestimmungen Sir John Herschel's mittels des Astrometers.

1836. März 28.			α Leporis	4,0717	(1)	δ Canis	4,1214	(1)
Sirius	2,4454	(1)	ζ Argus	4,0743	(1)	ε Argus	4,1313	(1)
Arcturus	2,9484	(1)	η Canis	4,1562	(1)	λ „	4,1763	(1)
Riegel	3,2371	(2)	π Argus	4,1973	(1)	δ „	4,2423	(1)
α Orionis	3,3945	(1)	ι Orionis	4,2083	(1)	ι „	4,3305	(1)
ε Canis	3,7490	(1)	März 30.			μ „	4,3835	(1)
γ Argus	3,8287	(1)	Sirius	2,8755	(2)	$\varkappa$ „	4,4984	(1)
δ Canis	3,9056	(1)	α Centauri	3,3386	(2)	γ Trianguli	4,5072	(1)
δ Argus	3,9123	(1)	β „	3,5490	(1)	β „	4,5158	(1)
ε Orionis	3,9304	(1)	Procyon	3,5721	(2)	v Argus	4,6608	(1)
λ Argus	3,9554	(1)	Spica	3,8223	(1)	März 31.		
β Canis	3,9744	(1)	η Argus	3,8998	(1)	α Centauri	3,5987	(4)
$\varkappa$ Orionis	3,9910	(3)	α Trianguli	3,9895	(2)	β „	4,0055	(6)
ζ „	3,9991	(1)	ε Canis	4,0043	(1)	α Crucis	4,0891	(3)
δ „	4,0522	(1)	β Argus	4,1023	(1)	β „	4,1896	(7)

Digitized by Google

Photometrische Bestimmungen Sir John Herschel's mittels des Astrometers.

	April 1.		
α	Centauri	3,8292	(8)
β	„	4,1800	(6)
α	Crucis	4,2274	(5)
β	„	4,3599	(6)
γ	„	4,4233	(5)
	April 3.		
α	Centauri	3,5631	(12)
β	„	3,8972	(16)
α	Crucis	3,9496	(29)
η	Argus	4,0844	(5)
β	Crucis	4,1511	(9)
γ	„	4,2234	(3)
λ	Scorpii	4,2354	(7)
α	Trianguli	4,2463	(14)
ϑ	Scorpii	4,3654	(5)
ε	Sagittarii	4,3728	(5)
σ	„	4,4689	(7)
γ	Centauri	4,5069	(4)
ε	„	4,5093	(4)
α	Muscae	4,5992	(3)
	April 4.		
α	Centauri	3,2782	(9)
	Arctur	3,4807	(4)
α	Crucis	3,7126	(6)
β	Centauri	3,8015	(7)
η	Argus	3,9388	(5)
β	Crucis	3,9573	(5)
γ	„	4,0734	(6)
ε	Sagittarii	4,2076	(4)
α	Trianguli	4,2257	(3)
σ	Sagittarii	4,2835	(5)
γ	Corvi	4,4851	(5)
γ	Virginis	4.5166	(5)
δ	Corvi	4,5756	(2)
	April 7.		
α	Centauri	2,8627	(1)
	Arctur	3,0713	(3)
α	Crucis	3,2770	(2)
β	Centauri	3,2869	(3)
	Spica	3,3368	(5)
	April 26.		
	Sirius	2,5023	(3)
	Procyon	3,4717	(7)
	Spica	3,7116	(4)
β	Crucis	3,7501	(2)
ε	Canis	3,8765	(4)
γ	Crucis	3,9133	(4)
δ	Canis	3,9463	(2)
β	Canis	3,9713	(4)
γ	Centauri	4,0984	(2)
ε	„	4,1199	(5)
ζ	„	4,2219	(2)
β	Corvi	4,2692	(3)
δ	Crucis	4,3346	(2)
	April 27.		
α	Centauri	3,3000	(3)
	Antares	3,6692	(3)
β	Centauri	3,6902	(5)
α	Crucis	3,6964	(4)
β	„	3,8610	(7)
η	Argus	3,8922	(3)
λ	Scorpii	4,0120	(2)
γ	Crucis	4,0294	(9)
ϑ	Scorpii	4,0668	(3)
β	Argus	4,1100	(2)
ε	„	4,1138	(2)
δ	„	4,1584	(2)
λ	„	4,1868	(1)
ι	„	4,2477	(1)
ε	Scorpii	4,2734	(2)
δ	Scorpii	4,2984	(4)
$\varkappa$	Argus	4,3637	(1)
γ	Trianguli	4,4558	(1)
δ	Crucis	4,5201	(2)
α	Circini	4,5756	(1)
	Juni 29.		
α	Centauri	3,6650	(4)
β	„	3,9825	(3)
α	Crucis	4,0749	(4)
ϑ	Centauri	4,4761	(2)
α	Lupi	4,6121	(3)
	Juli 22.		
α	Centauri	3,0412	(6)
	Arcturus	3,1765	(4)
α	Lyrae	3,4265	(3)
β	Centauri	3,4807	(5)
α	Aquilae	3,5778	(2)
α	Trianguli	3,8143	(4)
α	Pavonis	3,9463	(3)
γ	Centauri	4,0614	(3)
β	Corvi	4,2345	(2)
	Juli 24.		
α	Centauri	3,3768	(5)
β	„	3,7897	(4)
α	Aquilae	3,7916	(3)
	Fomalhaut	3,9780	(4)
α	Gruis	4,2042	(2)
α	Pavonis	4,2943	(3)
γ	Aquilae	4,4375	(2)
δ	Capricorni	4,4558	(3)
	Juli 26.		
α	Centauri	3,6042	(5)
α	Eridani	3,9462	(5)
	Antares	4,0029	(3)
β	Centauri	4,0285	(3)
α	Aquilae	4,0520	(6)

Digitized by Google

Photometrische Bestimmungen Sir John Herschel's mittels des Astrometers.

	Fomalhaut	4,1462	(3)	α	Gruis	4,1822	(3)	o^2	Canis	4,6107	(1)
α	Gruis	4,3427	(8)	ϑ	Scorpii	4,2428	(4)		November 25.		
α	Trianguli	4,3580	(3)	α	Pavonis	4,2860	(3)	α	Orionis	3,5015	(3)
α	Pavonis	4,4208	(3)		November 19.			γ	Orionis	3,8790	(1)
β	Gruis	4,4575	(3)		Sirius	2,6444	(2)		December 17.		
β	Ceti	4,5437	(3)		Canopus	3,0565	(4)		Sirius	2,5105	(1)
α	Lupi	4,5995	(2)		Rigel	3,5563	(2)	α	Orionis	3,3848	(4)
α	Phoenicis	4,6004	(3)	α	Eridani	3,6608	(3)	ε	„	3,8840	(2)
	August 22.				Fomalhaut	3,9426	(5)	ζ	„	3,9600	(2)
α	Eridani	3,7501	(4)	ε	Canis	4,0828	(4)		December 26.		
β	Ceti	4,1596	(6)	α	Gruis	4,1656	(2)	α	Crucis	3,7385	(4)
α	Phoenicis	4,3187	(3)	δ	Canis	4,2030	(3)	η	Argus	3,8926	(4)
	August 23.			β	Gruis	4,2121	(3)	β	Crucis	3,8956	(3)
α	Aquilae	3,9404	(8)	β	Canis	4,2518	(3)				
	Fomalhaut	4,0682	(6)	η	Canis	4,3405	(2)				

In neuester Zeit hat Zöllner die astrometrischen Messungen Sir John Herschel's genauer untersucht und kommt zu dem Ergebnisse, dass dieselben eine grössere Genauigkeit besitzen als man ihnen bisher zuschrieb. Jene Bestimmungen sind zudem die einzigen, durch welche bis jetzt die Sterne der nördlichen Hemisphäre mit denjenigen der südlichen in Verbindung gesetzt werden können. Ich habe daher nach dem Plane des gegenwärtigen Werkes: die Resultate der astronomischen Beobachtungen bis zur Gegenwart in systematischer Darstellung zu geben, die Messungen Herschel's in der obigen Tafel mitgetheilt. Um aus den dort gegebenen Zahlen den Logarithmus des Helligkeitsverhältnisses zweier Sterne zu finden, hat man nur die den entsprechenden Sternen beigesetzten Werthe von einander zu subtrahiren. So würde sich z. B. aus den Beobachtungen vom 28. März für $\log \frac{\text{Sirius}}{\text{Arcturus}}$ die Zahl 0,5030 ergeben, d. h. Sirius wäre 3,18 mal heller als Arctur. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass bei allen diesen Beobachtungen der Einfluss der von der Höhe über dem Horizonte abhängigen Lichtabsorption auf die Helligkeit ganz unberücksichtigt geblieben ist (vergl. Zöllner, Photom. Unters. S. 175).

In den Outlines of Astronomy gibt John Herschel eine Tafel der Helligkeit von 190 Sternen erster bis dritter Grösse. „Zu diesen Grössenbestimmungen der Sterne ist der berühmte Astronom," wie Galle im dritten Bande von Humboldt's Kosmos erläutert, „durch beobachtete Reihen-

Digitized by Google

folgen ihrer Helligkeit und Verbindung dieser Beobachtungen mit den durchschnittlichen, gewöhnlichen Grössenangaben gelangt, wobei insbesondere die Angaben des Catalogs der Astronomical Society vom Jahre 1827 zu Grunde gelegt sind. Die eigentlichen photometrischen Messungen mehrerer Sterne mittels des Astrometers sind bei dieser Tafel nicht unmittelbar benutzt, sondern haben nur im Allgemeinen gedient, um zu sehen, wie die gewöhnliche Scale (1., 2., 3. u. s. w. Grösse) sich zu den wirklichen Lichtquantitäten der einzelnen Sterne verhält. Dabei hat sich denn das allerdings merkwürdige Resultat gefunden, dass unsere gewöhnlichen Sterngrössen (1., 2., 3. u. s. w.) ungefähr so abnehmen, wie wenn man einen Stern erster Grösse nach und nach in die Entfernungen 1., 2., 3. u. s. w. brächte, wodurch seine Helligkeit nach photometrischem Gesetz die Werthe 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ . . . erlangen würde. Um aber die Uebereinstimmung noch grösser zu machen, sind unsere bisherigen Sterngrössen nur um etwa eine halbe Grösse (genauer 0,41) zu erhöhen, so dass ein Stern 2,00ter Grösse künftig 2,41ster Grösse genannt wird, ein Stern 2,5ter Grösse künftig 2,91ster Grösse etc. Sir John Herschel schlägt daher diese „photometrische" (erhöhte) Scale zur Annahme vor." Das Herschel'sche Verzeichniss von Sterngrössen nach der gewöhnlichen und photometrischen Scale ist folgendes.

Sterne erster Grösse.

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
Sirius	0,08	0,49	α Orionis	1,0	1,43
Canopus	0,29	0,70	α Eridani	1,09	1,50
α Centauri	0,59	1,00	Aldebaran	1,1	1,5
Arcturus	0,77	1,18	β Centauri	1,17	1,58
Rigel	0,82	1,23	α Crucis	1,2	1,6
Capella	1,0	1,4	Antares	1,2	1,6
α Lyrae	1,0	1,4	α Aquilae	1,28	1,69
Procyon	1,0	1,4	Spica	1,38	1,79

Sterne zweiter Grösse.

Fomalhaut	1,54	1,95	γ Crucis	1,73	2,14
β Crucis	1,57	1,98	ε Orionis	1,84	2,25
Pollux	1,6	2,0	ε Canis	1,86	2,27
Regulus	1,6	2,0	λ Scorpii	1,87	2,28
α Gruis	1,66	2,07	α Cygni	1,90	2,31

Digitized by Google

Sterne zweiter Grösse.

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
Castor	1,94	2,35	α Hydrae	2,30	2,71
ε Ursae (var.)	1,95	2,36	δ Canis	2,32	2,73
α Ursae (var.)	1,96	2,37	α Pavonis	2,33	2,74
ζ Orionis	2,01	2,42	γ Leonis	2,34	2,75
β Argus	2,03	2,44	β Gruis	2,36	2,77
α Persei	2,07	2,48	α Arietis	2,40	2,81
γ Argus	2,08	2,49	σ Sagittarii	2,41	2,82
ε Argus	2,18	2,59	δ Argus	2,42	2,83
η Ursae (var.)	2,18	2,59	ζ Ursae	2,43	2,84
γ Orionis	2,18	2,59	β Andromedae	2,45	2,86
α Triang. austr.	2,23	2,64	β Ceti	2,46	2,87
ε Sagittarii	2,26	2,67	λ Argus	2,46	2,87
β Tauri	2,28	2,69	β Aurigae	2,48	2,89
Polaris	2,28	2,69	γ Andromedae	2,50	2,91
ϑ Scorpii	2,29	2,70			

Sterne dritter Grösse.

γ Cassiopeiae	2,52	2,93	α Coronae	2,69	3,10
α Andromedae	2,54	2,95	γ Ursae	2,71	3,12
ϑ Centauri	2,54	2,95	ε Scorpii	2,71	3,12
α Cassiopeiae	2,57	2,98	ζ Argus	2,72	3,13
β Canis	2,58	2,99	β Ursae	2,77	3,18
$\varkappa$ Orionis	2,59	3,00	α Phoenicis	2,78	3,19
γ Geminorum	2,59	3,00	ι Argus	2,80	3,21
δ Orionis	2,61	3,02	ε Bootis	2,80	3,21
Algol (var.)	2,62	3,03	α Lupi	2,82	3,23
ε Pegasi	2,62	3,03	ε Centauri	2,82	3,23
γ Draconis	2,62	3,03	η Canis	2,85	3,26
β Leonis	2,63	3,04	β Aquarii	2,85	3,26
α Ophiuchi	2,63	3,04	δ Scorpii	2,86	3,27
β Cassiopeiae	2,63	3,04	ε Cygni	2,88	3,29
γ Cygni	2,63	3,04	η Ophiuchi	2,89	3,30
α Pegasi	2,65	3,06	γ Corvi	2,90	3,31
β "	2,65	3,06	α Cephei	2,90	3,31
γ Centauri	2,68	3,09	η Centauri	2,91	3,32

Digitized by Google

Sterne dritter Grösse.

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
α Serpentis	2,92	3,33	α Can. venat.	3,22	3,63
δ Leonis	2,94	3,35	β Ophiuchi	3,23	3,64
$\varkappa$ Argus	2,94	3,35	δ Cygni	3,24	3,65
β Corvi	2,95	3,36	ε Persei	3,26	3,67
β Scorpii	2,96	3,37	η Tauri (?)	3,26	3,67
ζ Centauri	2,96	3,37	β Eridani	3,26	3,67
ζ Ophiuchi	2,97	3,38	ϑ Argus	3,26	3,67
α Aquarii	2,97	3,38	β Hydri	3,27	3,68
π Argus	2,98	3,39	ζ Persei	3,27	3,68
γ Aquilae	2,98	3,39	ζ Herculis	3,28	3,69
δ Cassiopeiae	2,99	3,40	ε Corvi	3,28	3,69
δ Centauri	2,99	3,40	ι Aurigae	3,29	3,70
α Leporis	3,00	3,41	γ Ursae min.	3,30	3,71
δ Ophiuchi	3,00	3,41	η Pegasi	3,31	3,72
ζ Sagittarii	3,01	3,42	β Arae	3,31	3,72
η Bootis	3,01	3,42	α Toucani	3,32	3,73
η Draconis	3,02	3,43	β Capricorni	3,32	3,73
π Ophiuchi	3,05	3,46	ϱ Argus	3,32	3,73
β Draconis	3,06	3,47	ζ Aquilae	3,32	3,73
β Librae	3,07	3,48	β Cygni	3,33	3,74
γ Virginis	3,08	3,49	γ Persei	3,34	3,75
μ Argus	3,08	3,49	μ Ursae	3,35	3,76
β Arietis	3,09	3,50	β Triang. Cor.	3,35	3,76
γ Pegasi	3,11	3,52	π Scorpii	3,35	3,76
δ Sagittarii	3,11	3,52	β Leporis	3,35	3,76
α Librae	3,12	3,53	γ Lupi	3,36	3,77
λ Sagittarii	3,13	3,54	δ Persei	3,36	3,77
β Lupi	3,14	3,55	ψ Ursae	3,36	3,77
ε Virginis (?)	3,14	3,55	ε Aurigae (var.)	3,37	3,78
α Columbae	3,15	3,56	ν Scorpii	3,37	3,78
ϑ Aurigae	3,17	3,58	ι Orionis	3,37	3,78
β Herculis	3,18	3,59	γ Lyncis	3,39	3,80
ι Centauri	3,20	3,61	ζ Draconis	3,40	3,81
δ Capricorni	3,20	3,61	α Arae	3,40	3,81
δ Corvi	3,22	3,63	π Sagittarii	3,40	3,81

Digitized by Google

Sterne dritter Grösse.

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
π Herculis	3,41	3,82	ϑ Ursae	3,45	3,86
β Can. min (?)	3,41	3,82	ζ Hydrae	3,45	3,86
ζ Tauri	3,42	3,83	γ „	3,46	3,87
δ Draconis	3,42	3,83	β Triang. austr.	3,46	3,87
μ Geminorum	3,42	3,83	ι Ursae	3,46	3,87
γ Bootis	3,43	3,84	η Aurigae	3,46	3,87
ε Geminorum	3,43	3,84	γ Lyrae	3,47	3,88
α Muscae	3,43	3,84	η Geminorum	3,48	3,89
α Hydri (?)	3,44	3,85	γ Cephei	3,48	3,89
τ Scorpii	3,44	3,85	$\varkappa$ Ursae	3,49	3,90
δ Herculis	3,44	3,85	ε Cassiopeiae	3,49	3,90
δ Geminorum	3,44	3,85	ϑ Aquilae	3,50	3,91
γ Orionis	3,45	3,86	σ Scorpii	3,50	3,91
β Cephei	3,45	3,86	τ Argus	3,50	3,91

Wenn man die photometrische Grösse eines Sternes quadrirt, so hat man das umgekehrte Verhältniss seiner Lichtmenge zu der von α Centauri. Was die Genauigkeit der Herschel'schen Bestimmungen anbelangt, so haben hierfür die späteren Beobachtungen von Heis eine schöne Bestätigung geliefert. Dieser Gelehrte hat nämlich bei seinen langjährigen Bestimmungen der Fixsternhelligkeiten nach Graden, eine Anzahl von 52 Sternen ausgewählt, dieselben sehr häufig und sorgfältig beobachtet und hieraus Bestimmungen der Helligkeit in Graden abgeleitet, die sehr nahe als normal gelten können. (Heis De magnit. numeroque stellarum.)

Die Heis'schen Helligkeitsbestimmungen sind folgende.

Stern	Grösse nach Argelander	Grade nach Heis	Stern	Grösse nach Argelander	Grade nach Heis
ϑ Urs. min.	6,5	5,0	φ Draconis	4,5	11,7
4 Fl. Urs. min.	5	5,5	ε Urs. min.	4,5	12,1
η Urs. min.	5	7,0	σ Herculis	4,5	12,5
μ Draconis	5	7,3	ψ Draconis	4,5	13,2
ι „	5	9,0	ϑ „	4,3	13,9
5 Fl. Urs. min.	5,4	10,0	ζ Cassiopeiae	4	14,5

Digitized by Google

Stern	Grösse nach Argelander	Grade nach Heis	Stern	Grösse nach Argelander	Grade nach Heis
ζ Urs. min.	4,5	10,3	7 Lacertae	4	14,8
δ „ „	4,5	11,2	φ Herculis	4	15,6
κ Draconis	3,4	16,0	γ Bootis	3,2	24,4
ε „	4	16,2	δ Cygni	3	24,7
τ Herculis	3.4	16,4	β Draconis	3,2	26,8
χ Ursae	4	16,9	δ Cassiopeiae	3	27,8
α Draconis	3,4	17,2	Cor. Caroli	3	28,8
λ „	3,4	17,4	η Draconis	3,2	30,0
ι Herculis	3,4	17,6	γ Ursae	2,3	32,2
ξ Draconis	3,4	18,2	β „	2,3	33,2
ε Cassiopeiae	3,4	18,8	γ Cygni	3,2	34,1
ι Cephei	4,3	19,2	β Cassiopeiae	2,3	34,2
η Herculis	3	19,5	γ Draconis	2,3	35,1
δ Ursae	3,4	19,6	γ Cassiopeiae	2	36,5
ι Draconis	3	20,5	α Urs. min.	2	37,6
ζ Cephei	4,3	20,6	β „ „	2	38,6
β „	3	20,8	ζ Ursae	2	39,6
ζ Draconis	3	21,9	η „	2	41,4
γ Urs. min.	3	22,6	α „	2	43,4
δ Draconis	3	23,6	ε „	2	44,4

Von diesen Sternen befinden sich 19 gleichzeitig auch in dem Herschel'schen Verzeichnisse. Die Reduction der Heis'schen Grade auf Herschel's photometrische Scale ergibt, nach Hinweglassung der drei offenbar veränderlichen Sterne δ Draconis und β und ζ Ursae, eine Uebereinstimmung bis auf weniger als 0,1 der Herschel'schen photometrischen Grösse. Trotz dieser Uebereinstimmung haften den Bestimmungen Herschel's hinsichtlich der eigentlichen Lichtquantitäten der Fixsterne aber doch sehr beträchtliche Ungenauigkeiten an, wie dies die späteren Messungen Seidel's mittels des Steinheil'schen Prismenphotometers gezeigt haben.

Obgleich im Allgemeinen die Beschreibung astronomischer Instrumente nicht in den Plan des gegenwärtigen Werkes fällt, so möge doch hier bei der Einrichtung der beiden hauptsächlichsten Instrumente der Gegenwart zur exacten Bestimmung der Lichtquantitäten des Fixsternlichtes näher verweilt werden, einestheils wegen des hohen Interesses das der Gegenstand besitzt, dann aber auch, weil gerade den Bestimmungen der Lichtintensitäten der Fixsterne von vielen Beobachtern bisher leider nur ein geringes Interesse geschenkt wurde. Und doch knüpfen sich an genaue

Digitized by Google

und umfassende Arbeiten in dieser Richtung Resultate, an Wichtigkeit vergleichbar jenen, die durch Untersuchungen mittels der grössten Fernrohre in den Tiefen der Himmelsräume erlangt werden!

Steinheil's Prismenphotometer, zuerst beschrieben in der von der Göttinger Societät der Wissenschaften 1835 gekrönten Preisschrift „Elemente der Helligkeitsmessung am Sternhimmel", löste zuerst das Problem der directen Helligkeitsmessung von Fixsternen in einer Weise, mit der man sich vorläufig begnügen konnte. Aus Beobachtungen an künstlichen Sternen leitete Steinheil den wahrscheinlichen Fehler einer Bestimmung zu $^1/_{106}$ ab; doch fand später Seidel bei wirklichen Messungen von Fixsternen, dass die Fehlergrenzen viel weiter gesetzt werden müssen, da der wahrscheinliche Fehler im Mittel $^1/_{12}$ betrug.

Seidel gibt in seinen „Untersuchungen über die gegenseitigen Helligkeiten der Fixsterne erster Grösse" im Wesentlichen folgende Beschreibung des Instrumentes:

„Der wesentliche Grundgedanke besteht darin, dass man Lichtflächen mit einander vergleicht, welche man von den Sternen statt der leuchtenden Punkte im Fernrohre erhält, wenn das Ocular desselben gegen die gewöhnliche Stellung weit nach Aussen oder nach Innen verschoben wird. — Betrachtet man nach einem hellern Sterne einen dunklern, so wird, da sein Licht an sich schon schwächer ist, schon eine geringere Verschiebung des Oculars aus seiner gewöhnlichen Stellung denselben matten Glanz geben, auf welchen die des hellern Sternes erst durch eine grössere Verstellung des Oculars reducirt wird. Man überzeugt sich leicht davon, dass die Helligkeiten der Sterne direct proportional sind den Quadraten der Verstellungen des Oculars (von derjenigen Stellung aus gerechnet, in welcher das Auge ein deutliches Bild des Sternes sieht), durch welche bewirkt wird, dass beide Scheiben gleich intensiv erleuchtet erscheinen. Um sich davon zu vergewissern, dass diese Bedingung erfüllt ist, ist es nothwendig, dass man beide zugleich unmittelbar neben einander im Auge hat. Dies wird dadurch bewirkt, dass durch vollständige Reflexion an den Hypothenusenflächen zweier rechtwinkliger Glasprismen die Strahlen von beiden Sternen parallel in das Fernrohr geworfen werden, welches senkrecht auf die Ebene des durch beide Sterne gelegten grössten Kreises gestellt ist. Jedes Prisma speist mit dem Lichte des Sternes, dem es zugekehrt ist, die eine Hälfte des Objectivs, welches wie beim Heliometer mitten durchgeschnitten ist. — Beide Objectivhälften können unabhängig von einander dem Oculare genähert oder von demselben entfernt werden. Die Lichtscheiben, in welche man auf solche Weise die Bilder der Fixsterne verwandelt, würden halbe Kreise sein, wenn das Licht frei auf die beiden Objectivhälften fiele. Es befindet sich aber zwischen den Prismen und dem Objectiv für jede Hälfte des letztern eine Art von Diaphragma, so dass immer ein dreieckig begrenzter Raum der Objectivhälfte von dem Sterne erleuchtet wird. Die Lichtfläche, welche man bei Ver-

Digitized by Google

schiebung des Objectivs sieht, wird daher gleichfalls immer von einem Dreieck begrenzt. Bringt man beide Dreiecke mit den Hypothenusen an einander und macht sie durch passende Verstellung der Objectivhälften gleich hell, sowie durch geeignete Stellung der dreieckigen Oeffnung gleich gross, so bilden sie zusammen ein gleichmässig erleuchtetes Quadrat."

Von den beiden Prismen ist das eine geeignet beweglich, so dass beliebige Sterne mit einander combinirt und gemessen werden können. Die ungleiche Durchsichtigkeit der beiden Prismen wird einfach und leicht durch Vergleichung eines und desselben Sternes in beiden bestimmt.

Das ist in Kürze die Einrichtung des Instrumentes, mit welchem Ludwig Seidel in den Jahren 1844, 1845, 1846 und 1848 die Lichtquantitäten der in unserer Hemisphäre sichtbaren Fixsterne erster Grösse bestimmte.

Als grösster Uebelstand zeigte sich bei diesen Messungen, dass mittels des Prismenphotometers die Lichtmengen kleiner Sterne gar nicht bestimmt werden können. Kaum gelang es Seidel mit dem von Steinheil selbst construirten Instrumente, das ein Objectiv von 15,5 Linien Oeffnung besitzt, Sterne der dritten Grösse einigermaassen genau zu messen. Sehr grosse Objective sind aber aus nahe liegenden Gründen hier nicht wohl anwendbar, während anderseits gerade die Helligkeitsbestimmung der lichtschwachen Fixsterne (und Planeten) von bedeutendem Interesse ist. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, schlug ich 1863 das einfachere Verfahren vor, durch Ausziehen der Ocularröhre eines gewöhnlichen kleinen Fernrohres, die Verschwindungspunkte von Sternscheiben auf dem Himmelsgrunde zu bestimmen, wo dann die Lichtquantitäten der verglichenen Sterne den Quadraten der Verschiebungen proportional sind. Hierbei wird, genau wie bei einer früher von Arago vorgeschlagenen Methode, die Helligkeit des Himmelsgrundes als constante Vergleichungsmire angewandt. Die Beobachtungen zeigen, dass dieses Verfahren für Sterne, die nahe bei einander stehen, vollkommen zulässig ist.

Das ausgezeichnetste Instrument zur Bestimmung der Lichtquantitäten der Fixsterne ist das von Zöllner construirte Astrophotometer. Seine erste Anwendung verdankt es einer auf die Helligkeitsbestimmung der Fixsterne bezüglichen Preisausschreibung der Wiener Akademie im Jahre 1855.

Das Hauptprincip in der Construction des Astrophotometers besteht in der Herstellung künstlicher Sterne von constanter Helligkeit, die durch Spiegelung auf demselben Hintergrunde wie das Bild des natürlichen Sternes erscheinen und deren Lichtintensität und Farbe durch Drehung zweier Nicol'schen Prismen und einer Bergkrystallplatte den natürlichen völlig gleich gemacht werden können. Die relativen Lichtquantitäten zweier auf diese Weise gemessener Sterne verhalten sich dann wie die Quadrate des Sinus des an dem Intensitätskreise abgelesenen Drehungs-

Digitized by Google

winkels. Dieses Photometer bietet durch Anbringung an genügend kraftvollen Fernrohren die Möglichkeit von Helligkeitsmessungen selbst der kleinsten Sterne. Schon gegenwärtig hat es wichtige Resultate ergeben bezüglich der Albedo der Hauptplaneten; auf die Resultate der photometrischen Messungen an Fixsternen werden wir weiter unten noch zurückkommen.

Schon oben wurde hervorgehoben, dass im Allgemeinen die (photometrischen) Grössen der Sterne so abnehmen, wie wenn man einen Stern erster Grösse nach und nach in die Entfernung 1, 2, 3 u. s. w. brächte, wodurch seine Helligkeit die Werthe 1, $^1/_4$, $^1/_9$ etc. erhielte. Die genaueren Grössenbestimmungen besonders von Argelander haben unter Anwendung der Photometer von Steinheil und Zöllner die Möglichkeit geboten, die wahren Helligkeitsverhältnisse der aufeinander folgenden Grössenclassen zu bestimmen. Die nachfolgende, von Rosén gegebene Zusammenstellung enthält die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen über diesen Gegenstand. Das mittlere Helligkeitsverhältniss der aufeinanderfolgenden Grössenclassen zeigt die Columne β.

Sterne			Die Grössenschätzungen sind von	Instrument	Beobachter
Grössen	Zahl	β			
1. bis 4.	26	0,283	Verschiedenen	Steinheil's Photometer	Steinheil
2. „ 4.	175	0,286	Argelander	„ „	Seidel
2. „ 4.	27	0,278	„	„ „	„
4. „ 10.	78	0,236	Johnson, Lucas	Heliometer	Johnson
1. „ 10.	—	0,243	Verschiedenen	—	„
—	—	0,240	„	—	Pogson
4. „ 9,5.	132	0,252	Argelander	—	Stampfer
1. „ 6.	108	0,228	„	Zöllner's Photometer	Zöllner
2. „ 6.	158	0,231	„	„ „	„
2. „ 4.	27	0,243	„	„ „	„
5. „ 9,5.	21	0,271	Argel. Schönfeld		Rosén
			Krüger	„ „	„
5. „ 9,5.	89	0,240	„	„ „	„

Die Helligkeitsverhältnisse für einzelne Grössenclassen der Bonner Durchmusterung findet Rosén (Stud. und Mess. am Zöllner'schen Astrophotometer. Petersburg 1869) wie folgt:

Grösse	Helligkeitsverhältniss
5. bis 6.	0,244
6. „ 7.	0,244
7. „ 8.	0,231
8. „ 9.	0,239

Digitized by Google

Diese Resultate liefern einen neuen Beweis für die ungemeine Genauigkeit und das richtige Helligkeitsverhältniss der Bonner Grössenclassen.

Ich gebe nun in den beiden folgenden Tafeln Zusammenstellungen der Resultate, welche Seidel und Zöllner bei ihren photometrischen Beobachtungen für eine grössere Anzahl von Fixsternen erlangt haben. Gleichwie beide thätige Beobachter sich bei ihren Arbeiten durchaus verschiedener Instrumente bedienten, so ist auch die Anordnung, in welcher sie die von ihnen erhaltenen Resultate veröffentlichten, eine wesentlich verschiedene. Seidel bezieht seine sämmtlichen photometrischen Angaben auf einen Normalstern, Wega in der Leier, dessen Helligkeit = 1,000 gesetzt wird. Zöllner hingegen betrachtet die Helligkeiten (und Farben) aller Sterne als Functionen der Zeit und setzt daher streng genommen alle Sterne als veränderlich voraus; er verwirft durchaus das Verfahren, Beobachtungen zu Mittelwerthen zu combiniren, die an verschiedenen Abenden angestellt wurden. Im Princip ist Zöllner's Anschauung durchaus correct; aber in Wirklichkeit sind die meisten Sterne, nach den andauernden Untersuchungen besonders von Argelander und Heis, innerhalb der Grenzen unserer Wahrnehmbarkeit, für den Zeitraum von mehreren Jahren durchaus als unveränderlich zu betrachten.

Ludwig Seidel's Verzeichniss von 206 Fixsternen, deren Helligkeit photometrisch gemessen ist.

Name des Sternes	Logarithmus der Helligkeit	Name des Sternes	Logarithmus der Helligkeit
Sirius	0,632	Castor	9,409
Wega	0,000	7 Orionis	9,408
Rigel	9,997	β Tauri	9,360
Capella	9,913	ζ Orionis	9,344
Arcturus	9,900	ε Ursae majoris	9,330
Procyon	9,845	η Ursae majoris	9,313
Altair	9,690	ε Orionis	9,281
Spica	9,686	β Aurigae	9,249
Beteigeuze	9,555	γ Geminorum	9,234
Fomalhaut	9,531	α Persei	9,229
Regulus	9,513	$\varkappa$ Orionis	9,207
Deneb	9,492	β Canis majoris	9,205
ε Canis majoris	9,490	δ Canis majoris	9,197
Aldebaran	9,482	α Andromedae	9,190
Antares	9,464	ζ Ursae majoris	9,182
Pollux	9,461	α Ophiuchi	9,160

Digitized by Google

Ludwig Seidel's Verzeichniss von 206 Fixsternen, deren Helligkeit photometrisch gemessen ist.

Name des Sternes	Logarithmus der Helligkeit	Name des Sternes	Logarithmus der Helligkeit
β Leonis	9,152	2α Librae	8,849
α Ursae majoris	9,145	γ Pegasi	8,849
γ Cassiopeiae	9,143	δ Corvi	8,839
Algol	9,140	β Canis minoris	8,837
α Coronae	9,120	γ Virginis	8,834
δ Orionis	9,114	δ Cassiopeiae	8,824
α Ursae minoris	9,101	ε Pegasi	8,816
β Ursae majoris	9,076	η Tauri	8,815
β Ceti	9,059	ε Cygni	8,814
α Arietis	9,051	ε Persei	8,800
γ Andromedae	9,038	η Bootis	8,799
γ Ursae majoris	9,029	δ Cygni	8,793
γ Leonis	9,019	α Serpentis	8,790
α Hydrae	9,017	ζ Tauri	8,788
β Cassiopeiae	9,007	ζ Persei	8,778
γ Cygni	8,994	δ Draconis	8,755
η Canis majoris	8,990	γ Ursae minoris	8,752
β Andromedae	8,981	ζ Herculis	8,751
ϑ Aurigae	8,979	η Draconis	8,748
β Ursae minoris	8,974	ζ Aquilae	8,743
α Pegasi	8,973	δ Persei	8,741
α Cephei	8,967	β Cephei	8,736
δ Leonis	8,964	β Herculis	8,733
α Cassiopeiae	8,957	ι Draconis	8,732
η Ophiuchi	8,942	ε Virginis	8,722
ζ Ophiuchi	8,936	β Trianguli	8,716
α Ceti	8,931	β Draconis	8,704
β Librae	3,919	γ Persei	8,699
ε Bootis	8,916	η Pegasi	8,699
γ Draconis	8,912	γ Aquilae	8,698
β Arietis	8,897	ι Aurigae	8,697
β Pegasi	8,889	β Ophiuchi	8,694
12 Canum venaticorum	8,875	ζ Draconis	8,692
ι Orionis	8,868	ι Ursae majoris	8,678

Digitized by Google

Ludwig Seidel's Verzeichniss von 206 Fixsternen, deren Helligkeit photometrisch gemessen ist.

Name des Sternes	Logarithmus der Helligkeit	Name des Sternes	Logarithmus der Helligkeit
β Cygni	8,676	α Trianguli	8,531
γ Lyrae	8,667	α Herculis	8,528
δ Herculis	8,667	η Cassiopeiae	8,524
ϑ Aquilae	8,661	π Herculis	8,524
γ Bootis	8,656	γ Cephei	8,511
η Orionis	8,656	ε Hydrae	8,510
ε Aurigae	8,644	η Virginis	8,510
λ Orionis	8,642	o Ursae majoris	8,499
λ Ursae majoris	8,640	40 Lyncis	8,498
ε Leonis	8,638	δ Andromedae	8,498
κ Ophiuchi	8,634	γ Serpentis	8,486
ϑ Ursae majoris	8,632	o Leonis	8,476
ϑ Leonis	8,631	δ Virginis	8,472
δ Ursae majoris	8,625	β Bootis	8,471
ζ Hydrae	8,622	ϑ Geminorum	8,471
ψ Ursae majoris	8,619	δ Bootis	8,466
β Aquarii	8,617	α Piscium	8,466
δ Aquilae	8,607	η Cephei	8,463
ε Geminorum	8,607	η Geminorum	8,460
ε Cassiopeiae	8,605	β Serpentis	8,459
β Lyrae	8,604	ζ Cassiopeiae	8,458
λ Tauri	8,598	ι Cephei	8,456
μ Ursae majoris	8,594	μ Herculis	8,454
μ Geminorum	8,578	κ Geminorum	8,448
λ Aquilae	8,575	ε Serpentis	8,447
ζ Virginis	8,572	β Virginis	8,445
δ Aquarii	8,568	β Coronae	8,443
ζ Leonis	8,563	ζ Bootis	8,442
γ Ceti	8,551	ϑ Pegasi	8,439
ζ Cygni	8,549	η Herculis	8,424
κ Ursae majoris	8,544	ε Aquarii	8,417
η Leonis	8,539	α Aquarii	8,414
ζ Pegasi	8,536	72 Ophiuchi	8,413
δ Geminorum	8,535	α Pegasi	8,407

Digitized by Google

Ludwig Seidel's Verzeichniss von 206 Fixsternen, deren Helligkeit photometrisch gemessen ist.

Name des Sternes	Logarithmus der Helligkeit	Name des Sternes	Logarithmus der Helligkeit
γ Coronae	8,404	ξ Herculis	8,305
$\varkappa$ Draconis	8,404	η Aquarii	8,277
γ Arietis	8,403	ξ Draconis	8,273
δ Serpentis	8,396	ϵ Delphini	8,248
γ Herculis	8,396	ϱ Herculis	8,247
ζ Cephei	8,395	λ Draconis	8,245
τ Herculis	8,391	μ Bootis	8,206
α Draconis	8,384	ϑ Herculis	8,194
o Herculis	8,382	γ Delphini	8,172
ϑ Cephei	8,381	ε Lyrae	8,165
γ Sagittae	8,362	e Herculis	8,155
ε Herculis	8,360	ι Ophiuchi	8,131
38 Lyncis	8,356	ν Herculis	8,043
β Delphini	8,355	? Draconis	7,932
ζ Aquarii	8,343	$\varkappa$ Delphini	7,783
γ Aquarii	8,337	Anon. Pegasi Piazzi XXI, 321	7,685
δ Ceti	8,334		
β Aquilae	8,316	34 Bootis	7,672
ι Leonis	8,315	λ Lyrae	7,562
ι Herculis	8,308		

Digitized by Google

Catalog der im Jahre 1860 von Zöllner photometrisch gemessenen Fixsterne.

Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler	Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler
ω Persei	1,000		α Ursae maj.	3,782	0,055
ϱ „	3,659	0,043	β „	2,138	0,031
β Cassiop.	1,000		α Persei	1,000	
γ „	1,067	0,015	ϱ „	3,063	0,045
β „	1,000		$\varkappa$ „	2,258	0,033
γ „	1,097	0,016	ν „	2,042	0,030
γ „	1,000		ϑ Aurigae	1,000	
δ „	0,6218	0,0128	α „	9,218	0,134
ε „	0,3102	0,0064	β „	1,608	0,023
γ „	1,000		ω Persei	1,000	
δ „	0,6697	0,0138	ϱ „	2,913	0,030
ε „	0,3122	0,0064	π „	0,6499	0,0067
ω Persei	1,000		$\varkappa$ „	2,116	0,022
β „ var.	9,375	0,136	λ „	1,000	
ϱ „	3,005	0,044	δ „	2,980	0,043
$\varkappa$ „	2,236	0,032	μ „	1,169	0,017
δ „	1,000		ε „	1,137	0,017
γ „	1,070	0,015	ω „	1,000	
α „	2,858	0,042	ϱ „	3,144	0,032
ε „	1,061	0,015	π „	0,5596	0,0576
ϑ Aurigae	1,000		$\varkappa$ „	2,542	0,026
β „	1,692	0,025	ω „	1,000	
α Persei	1,000		ϱ „	2,824	0,041
β „ var.	8,212	0,120	π „	0,6619	0,0096
ϱ „	2,768	0,040	$\varkappa$ „	1,914	0,028
$\varkappa$ „	2,036	0,029	λ „	1,000	
δ „	1,000		δ „	3,385	0,049
γ „	1,034	0,015	μ „	1,210	0,018
α „	2,763	0,040	ε „	1,085	0,016
ε „	1,034	0,015	υ Aurigae	1,000	
ϑ Aurigae	1,000		η „	3,313	0,034
α „	9,862	0,117	ζ „	2,387	0,025
β „	2,025	0,024	ν „	1,946	0,020
δ Ursae maj.	1,000		δ Ursae maj.	1,000	

Digitized by Google

Catalog der im Jahre 1860 von Zöllner photometrisch gemessenen Fixsterne.

Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler	Name des Sernes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler
α Ursae maj.	4,182	0,038	τ Aurigae	1,186	0,012
9 Camelopard	1,000		ν „	1,963	0,020
10 „	1,453	0,015	40 „	0,4719	0,0049
β Aurigae	8,074	0,083	ω Ursae maj.	1,000	
δ „	1,770	0,018	ψ „	5,757	0,119
9 Geminorum	1,000		31 Leonis min.	1,000	
α „	6,300	0,064	λ Ursae maj.	3,415	0,035
β „	10,47	0,108	μ „	5,374	0,055
9 Aurigae	2,409	0,025	33 *H* „	0,2711	0,0028
δ Persei	1,000		38 Leonis min.	1,000	
ε „	1,052	0,011	31 „	3,393	0,049
ι Aurigae	1,598	0,016	33 *H* Ursae maj.	1,133	0,0165
β Tauri	3,237	0,033	35 Leonis min.	0,5901	0,008
o Ursae maj.	1,000		φ Ursae maj.	1,000	
α Geminorum	4,560	0,047	9 „	3,989	0,058
9 Ursae maj.	1,027	0,011	ν „	2,397	0,035
ι „	1,148	0,012	α Leonis	1,000	
κ „	0,7224	0,007	α Canis min.	2,502	0,036
10 „	1,000		β Geminorum	1,592	0,023
κ „	1,243	0,013	α Aurigae	4,012	0,058
38 Lyncis	1,037	0,019	α Leonis	1,000	
40 „	2,281	0,023	α Canis min.	2,526	0,023
31 Leonis min.	1,600		β Geminorum	1,536	0,014
9 Ursae maj.	2,466	0,025	α Aurigae	3,899	0,036
λ „	1,882	0,019	ξ Ursae maj.	1,000	
μ „	3,233	0,033	χ „	1,179	0,012
μ Leonis maj.	1,000		ν „	1,479	0,015
ζ „	1,216	0,018	43 Com. Beren.	1,000	
ε „	2,041	0,030	12 Canum. venat.	3,361	0,035
40 Lyncis	1,831	0,027	8 „	1,016	0,010
ω Persei	1,000		κ Draconis	1,000	
ϱ „	3,154	0,032	α „	1,229	0,013
π „	0,7977	0,008	ι „	1,899	0,019
υ Aurigae	1,000		υ Ursae maj.	1,000	

Digitized by Google

Catalog der im Jahre 1860 von Zöllner photometrisch gemessenen Fixsterne.

Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler	Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler
o Ursae maj.	1,470	0,015	ϱ Bootis	0,9910	0,014
h „	1,099	0,011	ε „	2,963	0,043
λ Draconis	1,128	0,012	16 Com. Beren.	1,000	
54 Leonis	1,000		8 Can. venat.	2,124	0,022
χ Ursae maj.	1,943	0,020	15 Com. Beren.	1,973	0,020
ψ „	3,525	0,036	14 „	1,141	0,012
46 Leonis min.	1,811	0,019	17 „	0,7873	0,0081
ι Bootis	1,000		13 „	0,7991	0,0082
κ „	1,303	0,013	12 „	1,136	0,012
ϑ „	1,844	0,019	7 „	1,094	0,011
ι „	1,000		23 „	0,6091	0,0063
κ „	1,289	0,013	31 „	1,000	
ϑ „	1,814	0,019	43 „	1,813	0,019
48 Ursae maj.	1,000		41 „	1,242	0,013
83 Ursae maj.	3,342	0,034	37 Com. Beren.	1,154	0,012
86 „	1,123	0,012	ζ Leonis	1,000	
κ Bootis	3,427	0,035	β „	3,175	0,033
λ „	1,000		δ „	2,188	0,022
Θ „	1,207	0,018	ϑ „	1,071	0,011
γ „	2,511	0,052	γ „	3,812	0,039
β „	1,986	0,041	σ Bootis	1,000	
τ Ursae maj.	1,000		ε „	7,250	0,075
h „	2,455	0,025	34 „	0,8229	0,0085
c „	0,7009	0,007	ϱ „	2,400	0,025
σ „	0,4166	0,0043	γ „	3,627	0,037
σ^2 „	0,8442	0,0087	15 Can. venat.	1,000	
σ^1 „	0,7591	0,0078	17 Can. venat.		
ϱ „	0,9599	0,0099	8 „	4,596	0,047
λ Bootis	1,000		14 „	1,800	0,018
ϑ „	1,178	0,012	11 *H* „	2,465	0,025
γ „	2,629	0,027	20 „	3,053	0,031
β „	1,981	0,020	17 *H* „	2,337	0,024
δ „	1,000		25 „	2,718	0,028
β „	1,101	0,016	23 *H* „	2,817	0,029

Digitized by Google

Catalog der im Jahre 1860 von Zöllner photometrisch gemessenen Fixsterne.

Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler	Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler
6 Can. venat.	1,472	0,021	δ Herculis	1,952	0,028
2 *H* „	1,510	0,022	σ „	1,000	
σ Bootis	1,000		τ „	1,234	0,018
ψ „	1,010	0,012	η „	1,833	0,027
b „	0,3393	0,0040	ν „	1,000	
ω „	0,8186	0,0097	δ „	2,539	0,037
c „	0,6293	0,0075	μ „	2,011	0,029
δ Coronae	1,000		ξ „	1,816	0,026
δ Bootis	2,531	0,037	o „	1,519	0,022
β Coronae	1,989	0,029	ϑ „	1,585	0,023
α „	7,031	0,102	ν Draconis	1,000	
γ „	1,707	0,025	π Herculis	3,228	0,047
ε „	1,487	0,022	ι „	1,411	0,021
δ „	1,000		γ Draconis	7,299	0,106
δ Bootis	2,835	0,041	β „	4,071	0,059
β Coronae	2,369	0,034	ξ „	1,641	0,024
α „	7,454	0,108	γ Lyrae	1,000	
γ „	1,781	0,026	ζ „	0,4619	0,0067
ε „	1,603	0,023	δ „	0,4619	0,0067
ν Bootis (der hellere)	1,000		η „	1,000	
			δ „	1,358	0,020
ϑ Coronae	1,728	0,025	ϑ „	1,163	0,017
μ Bootis	1,757	0,026	η Cygni	1,791	0,026
ζ Coronae	1,314	0,019	δ „	4,175	0,061
χ Herculis	1,314	0,019	γ „	8,355	0,122
v „	1,238	0,018	ε „	6,989	0,102
φ „	1,641	0,024	η Lyrae	1,000	
τ „	2,228	0,032	δ „	1,247	0,026
α Lyrae	1,000		ϑ „	1,015	0,021
α Bootis	1,165	0,012	η Cygni	1,380	0,028
ε Herculis	1,000		δ „	3,811	0,078
η „	1,556	0,023	γ „	7,501	0,155
π „	2,186	0,032	ε „	6,034	0,124
ζ „	2,817	0,041	α Delphini	1,000	

Digitized by Google

Catalog der im Jahre 1860 von Zöllner photometrisch gemessenen Fixsterne.

Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler	Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler
β Delphini	2,157	0,031	λ Andromedae	1,563	0,0228
γ „	1,861	0,027	× „	1,110	0,0162
δ „	1,729	0,025	o „	1,744	0,0254
ε „	1,416	0,021	ψ Draconis	1,000	
μ Cygni	1,000		δ „	3,485	0,0507
ε „	7,246	0,106	φ „	1,146	0,0167
ζ „	3,350	0,049	χ „	2,236	0,0326
× Pegasi	1,367	0,020	α Cephei	5,612	0,0817
ι „	1,911	0,028	β „	2,988	0,0435
× Persei	1,000		59 H Cassiop.	1,000	
β „ var.	4,461	0,065	v^1 „	1,559	0,0227
α Cygni	1,000		v^2 „	1,491	0,0217
α Lyrae	2,997	0,044	η „	4,576	0,0666
α Aquilae	1,284	0,019	ζ „	3,332	0,0485
α Delphini	1,000		λ „	1,360	0,0198
β „	2,321	0,048	ξ Andromedae	1,000	
γ „	1,821	0,037	φ „	1,575	0,0229
δ „	1,792	0,037	ω „	1,007	0,0147
ε „	1,397	0,029	9 Cassiopeiae	1,532	0,0223
γ Cassiopeiae	1,000		v Persei	1,128	0,0310
β „	0,9826	0,0202	φ „	3,064	0,0446
δ „	0,5780	0,0119	c Cygni	1,000	
ε „	0,3291	0,0068	o^1 „	4,932	0,0718
γ „	1,000		o^2 „	4,361	0,0635
β „	0,8628	0,0126	9 „	2,584	0,0376
δ „	0,5493	0,0114	ι „	4,546	0,0662
ε „	0,2078	0,0043	× „	4,848	0,0706
v Cygni	1,000		c Draconis	1,000	
ϱ „	1,550	0,0226	o „	1,685	0,0245
σ „	1,165	0,0170	d „	1,324	0,0193
τ „	1,991	0,0290	b „	1,030	0,0150
ξ „	2,220	0,0323	b^1 Cygni	1,000	
ν „	1,514	0,0221	P „	1,560	0,0227
ι Andromedae	1,000		36 „	0,747	0,0109

Digitized by Google

Catalog der im Jahre 1860 von Zöllner photometrisch gemessenen Fixsterne.

Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler	Name des Sternes	Lichtmenge	Wahrsch. Fehler
35 Cygni	1,195	0,0174	γ Cassiopeiae	6,296	0,0917
b^3 „	1,447	0,0211	δ „	3,613	0,0526
b^2 „	1,260	0,0183	ε „	1,877	0,0273
$\varkappa$ Cassiopeiae	1,000		δ Persei	1,000	
β „	5,478	0,0798	β „ var.	2,319	0,0350

Die Beobachtungen von Seidel (und Leonhard) umfassen sämmtliche nördlichen Sterne bis zur Argelander'schen Grösse 3,4 inclusive. Sie gestatten daher die Beantwortung der Frage: wie viel Licht auf unserer Hemisphäre allen Sternen einer einzelnen unter den hellsten Classen vereinigt angehört. Ludwig Seidel hat diese Untersuchung ausgeführt, und indem wie bisher Wega die Lichteinheit bildet, erhält er für die nördlichen Sterne folgende Werthe:

2	Sterne	2,1.	Grösse	(nach	Argelander)	gesammte Lichtmenge	0,567
18	„	2.	„	„	„	„	2,68
14	„	2,3.	„	„	„	„	1,25
10	„	3,2.	„	„	„	„	0,646
36	„	3.	„	„	„	„	1,72
47	„	3,4.	„	„	„	„	1,50
Zusammen 127 Sterne 2,1. bis 3,4. Grösse mit der Lichtmenge							8,36

Diesen gegenüber stehen 9 Sterne 1. bis 1,2. Grösse am nördlichen Himmel mit der Gesammtlichtmenge 5,08. Alle nördlichen Sterne, die bei Argelander oberhalb der Mitte zwischen Grösse 3 und Grösse 4 gesetzt sind, haben also vereinigt ungefähr 13,44 mal so viel Licht als Wega allein, oder wenig mehr als das drejfache Licht vom Sirius allein. Von dieser Gesammtmenge kommen nahe $^2/_5$ auf die 9 Sterne 1. bis 1,2. Grösse und ungefähr 0,38 des Ganzen gehören den 107 Sternen an, welche die 2. Grösse nicht erreichen. Die hier betrachteten nördlichen Sterne alle vereinigt, haben endlich etwas mehr als anderthalb mal so viel Licht als Jupiter in mittlerer Opposition (8.24 nach Seidel) oder ungefähr den dritten Theil des Lichtes der Venus in ihrem mittlern grössten Glanze (38,9 nach Seidel).

Seidel hat, gestützt auf seine photometrischen Untersuchungen, die Hypothese der gleichen Leuchtkraft und Vertheilung der Fixsterne im

Digitized by Google

Weltenraum untersucht. Er kommt zu dem Resultate, dass eine regelmässige Vertheilung und durchschnittliche gleiche Leuchtkraft der Fixsterne nicht angenommen werden kann. In grossen Entfernungen von uns nehme die Sterndichtigkeit schnell ab, so dass wir uns aller Wahrscheinlichkeit nach innerhalb eines Sternhaufens (des Milchstrassen-Systems) befinden.

Digitized by Google

Die Farben der Fixsterne.

Wenn die photometrischen Untersuchungen des Fixsternhimmels erst in der allerneuesten Zeit den Charakter wahrhaft wissenschaftlicher Arbeiten gewonnen haben; so befinden sich dagegen die Forschungen über die Farben der Fixsterne auch heute noch durchaus in der Kindheit. Zwar hat Zöllner sein ausgezeichnetes Photometer auch mit einem Colorimeter verbunden, aber rationelle Untersuchungen über die Färbungen der Fixsterne, welche durch die wundervollen Contraste, die sich hier darbieten, sicherlich von höchstem Interesse sein würden, sind bisher nur in sehr vereinzelten Fällen angestellt worden.

Vor Erfindung des teleskopischen Sehens waren den alten Himmelsbeobachtern nur wenige farbige Sterne bekannt und zwar ausnahmslos nur solche von rother Färbung. Ptolemäus nennt Arctur, Aldebaran, Pollux, Antares, Beteigeuze und Sirius feuerröthlich. Mit Ausnahme des Sirius sind diese Sterne auch heute noch roth und es scheint nach der Durchsicht der Uranographie des Abdurrahman Al Sufi, durch Wöpke, dass der Farbenwechsel des Sirius in die Zeit zwischen Ptolemäus und die Blüthe der Araber fällt. Uebrigens möchte ich, nachdem was wir gegenwärtig von der Genesis der Himmelskörper wissen oder zu wissen glauben, die Bezeichnung des Sirius als roth durch Ptolemäus eher als eine irrthümliche ansehen, als diesem Fixsterne eine so merkwürdige und dauernde Veränderung seiner Farbe zuschreiben. Wie wenig aufmerksam die alten Beobachter auf viele Erscheinungen am Sternenhimmel gewesen sind, beweist auch der Umstand, dass manche rothe Sterne der helleren Grössenclassen, deren Färbung wie z. B. bei α Ursae majoris dem blossen Auge deutlich erkennbar ist, von ihnen nicht als roth erkannt wurden. Mit der Anwendung des teleskopischen Sehens wuchs die Zahl der farbigen Sterne nach und nach an und schon 1686 gedachte Mariotte gewisser Sterne von blauer Farbe. In seinem Buche Traité des couleurs

Digitized by Google

sagt er: „Es gibt Sterne, die viel Roth enthalten, z. B. Aldebaran und Antares; es gibt auch gelbe und blaue. Die roth oder gelb scheinenden Sterne müssen ein sehr helles Licht besitzen, dessen Lebhaftigkeit durch irgend welche Ausdünstungen in ihrer Umgebung geschwächt wird; die bläulich scheinenden haben nur ein schwaches Licht, aber rein und frei von Dünsten."

In James Dunlop's Nebelcatalog (Philos. Trans. for 1828) kommt in AR $11^h\ 29^m\ 20^s$ D — $60^0\ 44'$ ein Sternhaufen vor, in welchem 3 rothe und 1 orangefarbener Stern sichtbar sind. Sir John Herschel hat letztern gesehen, erstere indess nicht. Den ganz aus blauen Sternen bestehenden Fleck in AR $18^h\ 49^m\ 5^s$ und D — $26^0\ 50'$, welchen Dunlop aufführt, fand Herschel keineswegs aus blauen Sternen zusammengesetzt. Ueberhaupt hat der jüngere Herschel trotz kraftvollerer Instrumente etwa $^2/_3$ der von Dunlop angegebenen Nebel nicht aufzufinden vermocht, so dass diese also gewiss nicht existiren (Herschel, Results of Astr. Ob. ath. the Cap p. 4).

Die Anwendung lichtstarker Refractore von grossen Dimensionen gestattet gegenwärtig nach Struve noch die Auffassung von Farbennüancen bis herab zur 9,10. Grössenclasse. Professor Schjellerup hat ein Verzeichniss der rothen isolirten Sterne zusammengestellt, das ich mit den Nachträgen, die zu demselben veröffentlicht wurden, hier folgen lasse.

Catalog der rothen isolirten Sterne, welche bis zum Jahre 1866 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen
1.	$0^h\ 2^m\ 6^s$	3^s 06	+ 63° 10,5′	+ 0,33′	—	—
2.	0 6 5	3, 07	+ 0 21,3	+ 0,33	—	granatroth
3.	0 12 31	3, 14	+ 43 56,0	+ 0,33	8.2	intensiv roth
4.	0 49 7	3, 74	+ 66 56,0	+ 0,33	9	tief orangeroth
5.	0 51 41	3, 01	— 6 38,2	+ 0,33	8	—
6.	0 57 38	3, 51	+ 52 41,3	+ 0,32	10	granatfarben
7.	1 8 27	3, 25	+ 25 1,6	+ 0,32	8	—
8.	1 9 42	3, 47	+ 46 57,5	+ 0,32	7.5	sehr roth
9.	1 10 15	3, 12	+ 8 11,5	+ 0,32	ver.	röthlich, S Piscium
10.	1 14 0	3, 12	+ 6 14,2	+ 0,32	Neb.	schön orange 7,9. Grösse
11.	1 20 32	2, 77	— 33 16,6	+ 0,31	6	R Piscium
12.	1 23 25	3, 09	+ 2 9,5	+ 0,31	v	—
13.	1 24 14	3, 92	+ 59 56,8	+ 0,31	10	sehr roth
14.	1 45 24	4, 66	+ 69 30,8	+ 0,30	8	rubinroth

Digitized by Google

Catalog der rothen isolirten Sterne, welche bis zum Jahre 1866 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen
15.	1ʰ53ᵐ47ˢ	3ˢ97	+ 54°33,0′	+ 0,29′	8.5	sehr roth
16.	1 59 35	3,08	+ 0 46,5	+ 0,29	7	*R* Arietis, orangefarben
17.	2 8 10	3,39	+ 24 24,3	+ 0,28	*v*	rubinroth
18.	2 9 14	3,78	+ 44 33,5	+ 0,28	9	*o* Ceti
19.	2 12 18	3,03	— 3 36,6	+ 0,28	ver.	—
20.	2 12 32	4,19	+ 56 29,5	+ 0,28	10	orange
21.	2 15 37	3,07	+ 0 19,5	+ 0,28	12	hell rubinroth
22.	2 28 17	4,29	+ 56 27,6	+ 0,27	9	rother Stern 7,5. Grösse
23.	2 34 49	3,60	+ 31 49,7	+ 0,26	Neb.	—
24.	2 57 52	3,07	+ 0 10,5	+ 0,24	9.3	orangefarben
25.	3 9 1	1,51	— 57 50,9	+ 0,23	7.5	—
26.	3 9 26	2,96	— 6 11,8	+ 0,23	7	röthlich
27.	3 26 53	3,44	+ 19 20,4	+ 0,21	9	sehr roth
28.	3 34 22	3,34	+ 14 20,4	+ 0,20	9	—
29.	3 35 28	4,53	+ 53 27,6	+ 0,20	9	—
30.	3 37 1	2,88	— 10 3,0	+ 0,19	8	—
31.	3 45 13	5,01	+ 60 41,6	+ 0,19	5.5	gelbroth
32.	3 48 31	2,77	— 15 19,2	+ 0,18	8	„ „
33.	4 13 46	2,94	— 6 34,9	+ 0,15	7.7	blassroth
34.	4 14 9	3,52	+ 20 28 9	+ 0,15	6.5	—
35.	4 16 6	3,07	+ 0 10,8	+ 0,15	10	*R* Tauri
36.	4 20 38	3,28	+ 9 50,8	+ 0,14	ver.	„
37.	4 21 32	3,28	+ 9 38,0	+ 0,14	„	—
38.	4 26 45	2,83	+ 11 5,1	+ 0,13	6.7	gelbroth
39.	4 27 53	3,43	+ 16 13,5	+ 0,13	1	*α* Tauri
40.	4 36 11	3,87	+ 32 39,3	+ 0,13	8.5	sehr roth
41.	4 36 45	6,16	+ 67 54,8	+ 0,12	6.5	„ „
42.	4 40 2	4,68	+ 51 58,8	+ 0,11	9.5	—
43.	4 42 45	3,75	+ 28 16,9	+ 0,11	8	schön roth
44.	4 44 37	3,38	+ 14 0,9	+ 0,11	5	—
45.	4 46 5	3,12	+ 2 15,6	+ 0,11	5.5	—
46.	4 48 14	3,24	+ 7 33,0	+ 0,10	7	—
47.	4 48 26	3,07	+ 0 12,5	+ 0,10	10	—
48.	4 51 25	3,25	+ 7 54,9	+ 0,10	ver.	*R* Orionis, röthlich

Digitized by Google

Catalog der rothen isolirten Sterne, welche bis zum Jahre 1866 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen
49.	4h 53m 14s	2s·73	− 15° 1,2′	+ 0,10′	ver.	*R* Leporis, Hind's Crimson star
50.	4 54 38	3,08	+ 0 30,9	+ 0,09	6	gelbroth
51.	4 58 10	3,09	+ 0 58,9	+ 0,09	6.5	—
52.	4 59 25	3,07	+ 0 21,4	+ 0,09	9	—
53.	5 2 55	3,05	− 0 44,5	+ 0,08	7	Knorre: roth Schmidt: gelb
54.	5 10 26	4,14	+ 39 11,5	+ 0,07	7	orangefarben
55.	5 11 35	3,95	+ 35 7,1	+ 0,07	8	sehr roth
56.	5 12 14	3,07	+ 0 13,1	+ 0,07	10	röthlich
57.	5 16 56	2,85	− 9 27,7	+ 0,06	8	sehr roth
58.	5 22 38	3,04	− 1 12,3	+ 0,05	5	gelb roth
59.	5 24 1	3,51	+ 18 29,2	+ 0,05	5.5	—
60.	5 29 18	3,33	+ 10 56,7	+ 0,04	7.5	gelb roth
61.	5 29 56	3,69	+ 24 54,8	+ 0,04	9.5	—
62.	5 34 0	2,97	− 3 55,2	+ 0,04	8	—
63.	5 35 0	3,13	+ 2 17,6	+ 0,04	7.7	—
64.	5 36 40	3,67	+ 24 21,4	+ 0,03	8	sehr roth
65.	5 39 19	1,67	− 46 31,4	+ 0,03	8	blutroth
66.	5 47 36	3,25	+ 7 22,6	+ 0,02	*v*	*α* Orionis
67.	5 49 32	4,45	+ 45 55,1	+ 0,02	6	—
68.	5 53 39	3,07	+ 0 12,1	+ 0,01	10	röthlich
69.	5 54 0	3,07	+ 0 15,6	+ 0,01	10	—
70.	5 55 15	2,95	− 5 8,5	+ 0,01	7.7	gelb roth
71.	5 55 20	3,07	+ 0 14,5	+ 0,01	10	—
72.	6 2 12	3,72	+ 26 2,3	0,00	8	—
73.	6 4 46	3,76	+ 27 12,0	− 0,01	8.5	rubinroth
73a.	6 5 17	1,33	− 52 29,3	− 0,02	Neb.	ein rother Stern 9. Grösse
74.	6 17 29	3,42	+ 14 47,7	− 0,03	8	—
75.	6 18 4	2,39	− 26 58,7	− 0,03	8	intensiv rubinroth
76.	6 23 9	3,07	+ 0 2,8	− 0,03	9	röthlich
77.	6 23 26	3,00	− 2 55,9	− 0,03	7.7	—
78.	6 26 55	4,13	+ 38 33,2	− 0,04	6.5	orangeroth
79.	6 27 42	3,07	+ 0 7,6	− 0,04	9.5	röthlich

Digitized by Google

Catalog der rothen isolirten Sterne, welche bis zum Jahre 1866 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen
80.	6h 35m 17s	1s 33	— 52° 48,5′	— 0,05′	6	—
81.	6 41 0	2,58	— 20 36,0	— 0,06	Neb.	rother Stern 8. Grösse
82.	6 43 42	3,07	+ 0 5,2	— 0,07	10	—
83.	6 49 59	6,84	+ 70 55,6	— 0,07	6	—
84.	6 52 32	1,60	— 48 31,6	— 0,08	5.5	—
85.	6 56 8	2,39	— 27 44,2	— 0,08	3.5	—
86.	6 56 13	2,89	— 8 8,8	— 0,08	Neb.	rother Stern 8,5. Grösse
87.	6 58 55	3,62	+ 22 54,9	— 0,09	ver.	blassroth
88.	7 0 9	2,90	— 7 20,7	— 0,09	8	—
88a.	7 0 19	13,10	+ 82 40,5	— 0,09	5.4	röthlich
89.	7 1 31	2,80	— 11 42,6	— 0,09	7.5	„
90.	7 6 30	5,22	+ 59 9,7	— 0,10	7	roth
91.	7 7 11	3,59	+ 22 12,6	— 0,10	7.3	sehr roth
92.	7 14 20	2,85	— 10 7,6	— 0,11	Neb.	—
93.	7 15 17	3,01	— 2 40,2	— 0,11	9	blutroth
94.	7 17 14	2,47	— 25 29,7	— 0,11	7	intensivroth
95.	7 25 7	3,26	+ 8 36,8	— 0,12	ver.	*S* Canis min.
96.	7 34 33	3,76	+ 29 13,3	— 0,13	5	*b* Geminorum
97.	7 34 38	3,61	+ 23 46,6	— 0,13	ver.	*S* Geminorum, tief orange
97a.	7 35 26	2,33	— 31 19,8	— 0,13	Neb.	Stern roth, 9. Grösse
98.	7 36 45	3,68	+ 28 21,6	— 0,14	1.5	*β* Geminorum
98a.	7 40 19	2,14	— 37 38,3	— 0,14	Neb.	orangefarben
99.	7 40 54	3,61	+ 24 4,7	— 0,14	ver.	*P* Geminorum, röthlich
100.	7 41 11	2,32	— 31 47,2	— 0,14	9	rubinroth
101.	7 42 43	10,01	+ 79 51,1	— 0,14	—	—
102.	7 46 40	2,49	— 26 2,0	— 0,15	Neb.	—
103.	7 53 16	1,69	— 49 36,7	— 0,16	8	orange
103a	7 56 1	1,00	— 60 29,2	— 0,22	Neb.	8. Gr. „
104.	8 6 41	3,07	+ 0 0,3	— 0,18	9.5	—
105.	8 8 51	3,32	+ 12 9,2	— 0,18	ver.	*R* Cancri, hell orange
106.	8 14 54	3,07	+ 0 17,0	— 0,19	8	—
107.	8 18 7	2,22	— 37 50,2	— 0,19	6	—
108.	8 24 16	3,07	+ 0 12,8	— 0,20	11.5	röthlich
109.	8 24 29	3,07	+ 0 17,2	— 0,20	10	orange

Digitized by Google

Catalog der rothen isotirten Sterne, welche bis zum Jahre 1866 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen
110.	$8^h\,27^m\,45^s$	$3^s\,45$	$+\ 19^0\,22{,}5'$	$-\ 0{,}20'$	ver.	*U* Cancri
111.	8 39 36	3,07	+ 0 9,3	— 0,21	8	orange
112.	8 39 36	2,54	— 27 41,6	— 0,21	8.5	—
113.	8 45 15	1,96	— 47 51,6	— 0,22	9	—
114.	8 45 21	3,44	+ 19 50,9	— 0,22	9	—
115.	8 47 29	3,39	+ 17 45,6	— 0,22	8.5	—
116.	8 48 34	2,88	— 10 50,4	— 0,22	8	—
117.	8 48 40	3,44	+ 20 23,0	— 0,22	ver.	*T* Cancri, blutroth
118.	8 59 35	1,79	— 53 30,6	— 0,24	9	—
119.	9 1 54	2,63	— 25 17,7	— 0,24	4.5	—
120.	9 2 13	3,66	+ 31 32,1	— 0,24	6	—
121.	9 28 42	1,54	— 62 10,7	— 0,26	8	carminroth
122.	9 37 10	3,64	+ 35 9,3	— 0,27	ver.	*R* Leonis minoris, gelbroth
123.	9 40 2	3,24	+ 12 4,6	— 0,27	ver.	*R* Leonis tiefroth
124.	9 44 36	2,76	— 22 21,8	— 0,28	6.5	—
125.	9 49 44	2,45	— 40 55,6	— 0,28	7.5	—
126.	9 55 28	1,90	— 59 33,2	— 0,29	8.5	—
127.	10 3 59	2,98	— 7 43,7	— 0,29	6	—
128.	10 5 46	2,63	— 34 38,0	— 0,29	7	—
129.	10 9 39	2,00	— 59 59,4	— 0,30	9	rubinroth
130.	10 29 1	2,66	— 38 50,6	— 0,31	6.5	orangefarben
131.	10 30 15	2,09	— 56 50,0	— 0,31	5.5	—
132.	10 30 39	2,96	— 12 39,5	— 0,31	6.5	orangefarben
133.	10 33 53	3,07	+ 0 9,1	— 0,31	8.5	—
134.	10 34 41	4,37	— 69 30,5	— 0,31	ver.	*R* Ursae, blassroth
135.	10 38 51	2,35	— 57 20,2	— 0,31	9	—
136.	10 44 49	2,90	— 20 30,5	— 0,32	6.5	sehr roth
137.	10 52 36	2,96	— 15 36,2	— 0,32	6	—
138.	10 53 40	2,94	— 17 34,4	— 0,32	8	blutroth
139.	10 58 32	3,07	+ 0 9,6	— 0,32	9.5	—
140.	11 4 59	1,06	— 81 1,9	— 0,32	8	blutroth
140a.	11 9 7	2,56	— 60 29,6	— 0,22	Neb.	Stern 10. Grösse
141.	11 10 55	3,27	+ 33 51,5	— 0,32	4.5	—
142.	11 33 16	2,60	— 71 47,6	— 0,33	8.5	—

Digitized by Google

Catalog der rothen isolirten Sterne, welche bis zum Jahre 1866 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen
143.	11h 33m55s	3s 15	+ 25°34,9′	— 0,33′	8	—
143a.	11 43 24	2,93	— 56 24,1	— 0,33	Neb.	Stern 8. Grösse orange
144.	12 15 10	3,39	— 74 44,0	— 0,33	8.5	dunkelroth
145.	12 18 4	3,07	+ 1 32,7	— 0,33	7.5	—
146.	12 22 10	3,00	+ 29 4,1	— 0,33	9	purpurroth
147.	12 23 22	3,22	— 56 19,4	— 0,33	2	γ Crucis
148.	12 25 4	3,05	+ 5 26,8	— 0,33	9.5	scharlach roth
149.	12 31 24	3,05	+ 7 45,6	— 0,33	ver.	*R* Virginis, blass gelbroth
150.	12 32 5	3,16	— 25 58,8	— 0,33	12	—
151.	12 37 48	2,66	+ 61 51,6	— 0,33	ver.	*S* Ursae, roth oder violett
152.	12 38 32	2,85	+ 46 12,3	— 0,33	5.5	—
153.	12 39 15	3,45	— 58 55,7	— 0,33	8.5	blutroth
154.	12 43 33	3,07	+ 0 0,6	— 0,33	9	—
154a.	12 45 22	3,53	— 59 35,3	— 0,33	Neb.	$\varkappa$ Crucis
155.	12 45 24	2,99	+ 17 52,1	— 0,33	8	—
155a.	12 45 41	3,53	— 59 36,5	— 0,33	9	—
156.	12 51 11	2,97	+ 18 31,5	— 0,33	8	—
157.	12 56 22	3,65	— 60 40,8	— 0,32	9.5	orange
158.	13 11 18	3,22	— 22 25,8	— 0,32	3	—
159.	13 19 20	3,17	— 11 58,7	— 0,31	5.5	—
160.	13 22 4	3,27	— 22 33,4	— 0,31	ver.	*R* Hydrae
161.	13 25 42	3,13	— 6 28,4	— 0,31	ver.	*S* Virginis, Pogson: hellroth, Auwers: orange
162.	13 42 44	2,90	+ 16 29,6	— 0,30	4	—
163.	13 47 13	2,55	+ 41 1,8	— 0,30	7	—
164.	13 57 40	3,07	+ 0 12,8	— 0,29	8	röthlich
165.	13 59 13	4,18	— 59 3,5	— 0,29	8	—
166.	14 6 53	4,23	— 59 15,6	— 0,28	7.5	roth oder hellorange
167.	14 9 17	2,73	+ 19 54,8	— 0,28	1	α Bootis
168.	14 17 25	2,95	+ 8 43,6	— 0,28	6	—
169.	14 17 53	2,69	+ 26 20,6	— 0,28	7.5	hellroth
170.	14 22 22	3,10	— 5 21,4	— 0,27	8	röthlich
171.	14 25 48	2,60	+ 31 59,3	— 0,27	4	—
172.	14 26 54	3,80	— 42 45,3	— 0,27	9	—

Digitized by Google

Catalog der rothen isolirten Sterne, welche bis zum Jahre 1860 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen.
173.	14ʰ28ᵐ55ˢ	2ˢ46	+ 37°14,6′	— 0,27′	6	—
174.	15 0 58	5,61	— 69 32,8	— 0,24	6	—
175.	15 9 19	3,63	— 29 37,8	— 0,23	4.7	δ Lupi
176.	15 10 37	6,86	— 75 25,1	— 0.23	7	hochroth
177.	15 15 6	2,81	+ 14 49,2	— 0,22	ver.	*S* Serpentis
178.	15 29 59	2,77	+ 15 34,0	— 0,20	7.5	—
179.	15 42 49	2,47	+ 28 35,3	— 0,19	ver.	*R* Coron. bor., röthlich
180.	15 44 14	6,95	— 74 4,7	— 0,19	9	dunkelroth
181.	15 44 15	2,76	+ 15 33,7	— 0,19	ver.	*R* Serpentis, roth
182.	15 44 32	2,15	+ 40 0,1	— 0,19	9.5	—
183.	15 53 57	2,23	+ 36 25,5	— 0,17	10	—
184.	15 59 56	2,68	+ 18 45,1	— 0,17	ver.	*R* Herculis
185.	16 1 19	2,60	+ 22 12,1	— 0,17	7.5	—
186.	16 2 34	3,05	+ 1 11,6	— 0,16	8	—
187.	16 7 58	4,27	— 45 27,2	— 0,16	8.5	hellroth
188.	16 17 14	3,07	+ 0 7,8	— 0,15	10	granatroth
189.	16 18 57	3,33	— 12 5,9	— 0,14	8	—
190.	16 19 37	2,65	+ 19 12,8	— 0,14	ver.	*U* Herculis
191.	16 20 50	3,67	— 26 7,1	— 0,14	1.5	α Scorpii
192.	16 31 39	3,73	— 32 5,8	— 0,13	8	blutroth
193.	16 42 11	3,07	+ 0 10,3	— 0,11	9	röthlich
194.	16 43 57	3,20	— 5 56,0	— 0,11	8	—
195.	16 45 31	2,73	+ 15 10,8	— 0,11	ver.	*S* Herculis
195a.	16 46 4	4,11	— 39 16,2	— 0,11	9	—
196.	16 49 0	3,04	+ 1 38,9	— 0,10	8.5	—
197.	16 51 5	4,88	— 54 51,5	— 0,10	9	intensiv roth
198.	16 52 26	3,16	— 4 0,4	— 0,10	8	gelbroth
199.	17 8 16	2,73	+ 14 33,2	— 0,07	ver.	α Herculis
200.	17 14 33	3,77	— 28 0,2	— 0,07	6	röthlich
201.	17 20 49	4,02	— 35 31,3	— 0,06	9	dunkelroth
202.	17 21 28	3,53	— 19 21,3	— 0,06	8.5	—
203.	17 30 31	4,25	— 41 32,3	— 0,04	8	—
204.	17 31 17	5,17	— 57 39,0	— 0,04	8	scharlachroth
205.	17 36 43	3,52	— 18 35,5	— 0,03	8	sehr roth

Digitized by Google

Catalog der rothen isolirten Sterne, welche bis zum Jahre 1860 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen
206.	17h47m 7s	3s03	+ 1°47,9′	— 0,02′	9	—
207.	17 51 2	3,01	+ 2 44,3	— 0,01	7.5	orange
208.	17 59 7	2,91	+ 7 5,3	0,00	8	—
209.	18 1 41	3,43	— 15 18,1	0,00	8	—
210.	18 12 18	3,05	+ 0 47,3	+ 0,02	8	sehr roth
211.	18 14 59	3,07	+ 0 5,7	+ 0,02	7.5	—
212.	18 21 59	2,93	+ 6 12,7	+ 0,03	ver.	*T* Serpentis, gelbroth
213.	18 24 44	3,43	— 14 57,6	+ 0,04	6.5	—
214.	18 25 40	3,19	— 5 15,7	+ 0,04	7.5	—
214a.	18 27 52	3,66	— 24 0,4	+ 0,04	Neb.	2 Sterne 12. Grösse sind darin roth
214b.	18 28 35	2,81	+ 11 19,8	+ 0,05	—	—
215.	18 30 58	3,40	— 13 53,8	+ 0,04	8	—
215a.	18 31 14	2,81	+ 11 19,8	+ 0,05	9	—
216.	18 32 12	2,86	+ 9 1,4	+ 0,05	10	—
217.	18 35 8	3,07	+ 0 1,5	+ 0,05	8	purpurroth
218.	18 39 0	2,87	+ 8 36,3	+ 0,06	9	—
219.	18 42 13	3,26	— 8 3,7	+ 0,06	9	schön roth
220.	18 45 48	3,62	— 22 5,1	+ 0,07	—	—
221.	18 50 25	3,07	+ 0 16,4	+ 0,07	9.5	granatroth
222.	18 52 9	2,75	+ 14 10,2	+ 0,08	8	—
223.	18 57 27	3,07	+ 0 18,8	+ 0,08	9.5	—
224.	18 59 38	2,89	+ 8 1,2	+ 0.09	ver.	*R* Aquilae
225.	19 2 47	2,50	+ 23 57,6	+ 0,09	7	—
226.	19 8 29	3,53	— 19 33,0	+ 0,10	ver.	*R* Sagittarii, röthlich
227.	19 23 20	3,14	— 3 4,7	+ 0,12	7	—
228.	19 26 17	3,44	— 16 40,4	+ 0,12	7	intensiv roth
229.	19 26 30	— 1,96	+ 76 16,9	+ 0,12	6.5	sehr roth
230.	19 37 35	2,97	+ 4 37,8	+ 0,14	8	—
231.	19 42 4	3,06	+ 0 21,2	+ 0,14	9.5	—
232.	19 45 11	2,31	+ 32 33,8	+ 0,15	ver.	χ Cygni
233.	19 49 25	3,07	+ 0 15,8	+ 0,15	10	—
234.	19 58 21	3,68	— 27 37,3	+ 0,16	7.5	—
235.	19 59 5	5,12	— 60 20,3	+ 0,17	8.5	—

Digitized by Google

Catalog der rothen isolirten Sterne, welche bis zum Jahre 1860 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen
236.	20h 3m27s	3s37	— 14°4,08′	+ 0,17′	ver.	*R* Capricorni, röthlich
237.	20 4 48	2,08	+ 41 5,2	+ 0,17	10	—
238.	20 8 55	3,52	— 21 44,7	+ 0,18	6	—
239.	20 11 49	3,07	+ 0 9,8	+ 0,18	9.5	orange
240.	20 17 39	3,07	+ 0 6,1	+ 0,19	10	röthlich
241.	20 19 0	2,89	+ 9 36,3	+ 0,19	8.5	—
242.	20 19 23	3,67	— 28 43,1	+ 0,19	8	—
243.	20 24 15	3,06	+ 0 20,0	+ 0,20	10	—
244.	20 50 40	2,78	+ 15 42,9	+ 0,23	8	—
245.	21 6 44	3,07	+ 0 10,3	+ 0,24	9.5	orangeroth
246.	21 8 20	3,12	— 3 7,3	+ 0,24	8.5	—
247.	21 9 15	1,57	+ 59 32,2	+ 0,25	8	sehr roth
248.	21 11 31	5,60	— 70 19,2	+ 0,25	6	—
249.	21 25 43	2,04	+ 50 58,1	+ 0,26	Neb.	ein Stern 11. Grösse
250.	21 36 54	— 0,60	+ 77 59,6	+ 0,27	ver.	*S* Cephei, sehr roth
251.	31 37 29	2,47	+ 37 22,6	+ 0,27	8	—
252.	21 38 34	2,47	+ 37 13,4	+ 0,27	8.5	sehr roth
253.	21 39 13	1,83	+ 58 8,4	+ 0,27	ver.	Herschel's Granatstern
254.	21 39 17	3,11	— 2 51,5	+ 0,27	6.5	—
255.	21 39 18	2,05	+ 53 4,3	+ 0,27	9.2	—
256.	21 42 57	3,07	+ 0 18,8	+ 0,28	10	—
257.	21 50 0	2,22	+ 49 50,9	+ 0,28	9	sehr intensiv roth
258.	21 57 38	2,71	+ 27 40,4	+ 0,29	8	orangeroth
259.	22 7 35	2,12	+ 56 34,3	+ 0,29	10	—
260.	22 7 52	2,56	+ 39 1,3	+ 0,29	4.5	röthlich
261.	22 10 26	3,02	+ 4 26,8	+ 0,30	8	—
262.	22 17 52	2,25	+ 55 15,4	+ 0,30	6.5	sehr roth
263.	22 52 30	3,26	— 25 54,6	+ 0,32	6	—
264.	22 54 7	3,06	+ 0 20,0	+ 0,32	9	—
265.	22 59 37	3,01	+ 9 47,4	+ 0,32	ver.	*R* Pegasi
266.	22 59 57	3,02	+ 8 39,2	+ 0,32	5.5	—
267.	23 11 16	2,76	+ 48 15,0	+ 0,33	5.5	—
268.	23 13 16	2,98	+ 22 19,5	+ 0,33	8.5	—
269.	23 18 3	2,64	+ 60 49,7	+ 0,33	Neb.	ein rother Stern 9. Grösse

Digitized by Google

Catalog der rothen isolirten Sterne, welche bis zum Jahre 1860 bekannt geworden sind. Zusammengestellt von Prof. D. Schjellerup.

Nr.	Rectascension 1860	Jährliche Variation	Declination 1860	Jährliche Variation	Grösse	Bemerkungen
270.	23ʰ22ᵐ21ˢ	3ˢ07	+ 0°19,3′	+ 0,33′	10.5	—
271.	23 23 31	3,07	+ 0 6,4	+ 0,33	8	—
272.	23 25 30	2,98	+ 23 4,4	+ 0,33	8	—
273.	23 39 14	3,07	+ 2 42,6	+ 0,33	6	—
274.	23 42 1	2,97	+ 44 24,4	+ 0,33	10	—
275.	23 45 22	3,07	+ 0 17,1	+ 0,33	10	—
276.	23 45 37	2,76	+ 74 45,1	+ 0,33	6.5	orange
277.	23 49 55	3,11	— 27 24,2	+ 0,33	5.5	—
278.	23 51 19	3,01	+ 50 36,5	+ 0,33	ver.	*R* Cassiopeiae hellroth
279.	23 53 24	3,07	+ 0 17,2	+ 0,33	10	rosaroth
280.	23 54 9	3,01	+ 59 34,6	+ 0,33	6	—

Die merkwürdigsten Färbungen und Farbencontraste zeigen die Doppelsterne, worauf schon der ältere Herschel aufmerksam machte. Genauere Untersuchungen hierüber verdankt die Wissenschaft aber Fr. W. Struve. Derselbe hat in Beziehung auf ihre Farbe 596 Doppelstern-Paare untersucht und dabei folgende Verhältnisse gefunden. (Vergl. d. Einleitung zu d. mens. micr.)

α) Doppelstern-Paare mit gleichen Farben der Componenten:

glänzend weiss	78
weiss	217
weissgelb	27
gelblich	35
gelb	11
goldgelb	2
grün	5
Zusammen	375

β) Doppelstern-Paare mit ähnlichen Farben der Componenten:

gelb und weiss	30
weiss „ blau	53
verschiedengradig gelb	13
„ „ blau	5
Zusammen	101

Digitized by Google

γ) Doppelstern-Paare mit verschiedenen Farben der Componenten:

gelb	und blau	52
„	„ bläulich	52
grün	„ blau	16
	Zusammen	120

Es ergibt sich sonach, dass bei den meisten Doppelsternen die Farben gleich sind, dass ferner bei den gleichfarbigen Sternen Weiss vorherrscht, dann Gelb und am seltensten Blau vorkommt. Struve's Zusammenstellungen lassen erkennen, dass die Anzahl der Sterne mit Farben, welche gegen das rothe Ende des Spectrums hin liegen (nämlich 118), beträchtlicher ist, als die derjenigen (63), welche eine gegen das blaue Ende des Spectrums hinneigende Farbe zeigen. Vielleicht erklärt sich, wie Struve glaubt (Mens. micr. S. 83), diese Thatsache zum Theil dadurch, dass die blaue Farbe schwieriger aufzufassen ist.

Bei Doppelsternen welche Helligkeitsunterschiede darbieten, sind die Begleiter meist blau. Man hat nach Struve:

Hauptstern	weiss,	Begleiter blau,	53
„	gelblich,	„ „	52
„	gelb,	„ „	52
„	grün,	„ „	16
		Summa	173

Eine merkwürdige Analogie zwischen den Verschiedenheiten der Farben und Helligkeiten hat Struve bei den von ihm beobachteten Doppelsternen nachgewiesen. Sucht man nämlich die Unterschiede der Zahlen, durch welche das Verhältniss der Helligkeiten der Sterne ausgedrückt wird, so hat man für die verschiedenen Abtheilungen folgende Mittelwerthe:

α) Sterne von gleichen Farben.

	Differenzen der Grösse		
	Mittel	Maximum	Minimum
78 glänzend weisse Sterne	0,360	1,2	0,0
217 weisse „	0,459	2,5	0,0
27 gelblich weisse „	0,200	0,5	0,0
35 gelbliche „	0,340	1,5	0,0
11 gelbe „	0,491	1,3	0,0
2 goldfarbene „	0,450	0,6	0,3
5 grüne „	0,760	2,1	0,0
Mittel aus 375 Sternen	0,416		

Digitized by Google

b) Sterne von gleicher Farbe aber verschiedener Helligkeit.

	Differenzen der Grösse		
	Mittel	Maximum	Minimum
30 weisse und gelbe Sterne	0,820	2,3	0,0
13 gelbe „	0,823	3,5	0,0
58 weisse und blaue „	1,384	4,1	0,1
Mittel aus 101 Sternen	1,144		

c) Sterne von verschiedener Farbe.

52 gelbliche und blaue Sterne	1,581	5,0	0,4
52 glänzend gelb und blaue Sterne	1,917	4,0	0,6
10 grüne „ „ „	2,785	4,1	1,0
Mittel aus 120 Sternen	1,883		

Die Verschiedenheiten der drei Mittelwerthe lassen nicht daran zweifeln, dass für die Doppelsterne der Unterschied der Grössen beider Componenten um so bedeutender ist, je grösser der Unterschied der Farben sich zeigt.

Dass die Verschiedenheit der Färbungen bei den zwei Componenten eines Doppelsternpaares keineswegs in subjectiven Ursachen begründet ist und in das Gebiet der Contrastfarben gehört, beweist am sichersten die Thatsache, dass die Färbung jedes der beiden Sterne unverändert bleibt, wenn der andere Stern ganz aus dem Gesichtsfelde des Fernrohres gebracht wird. Struve bemerkt (Mens. microm. p. LXXVI), dass die Kraft des Dorpater Refractors zur Farbenunterscheidung, bei verschiedenen Vergrösserungen eine verschiedene sei. Es fand sich, dass die mittleren Vergrösserungen in dieser Hinsicht als die geeignetsten erscheinen. Die Beurtheilung der Färbungen der Doppelsterne geschahen meist bei 380 bis 480-maliger Vergrösserung. Bei den stärksten Vergrösserungen, von 600 bis 1000 mal, neigten die Sternfarben, nach Struve's Bemerkung, gegen Gelb, was also bloss einer Wirkung des Oculars zuzuschreiben ist. Vergleicht man die Angaben verschiedener Beobachter bezüglich der Farben von Fixsternen unter einander, so begegnet man häufig beträchtlichen Abweichungen, die man mit Unrecht bis jetzt ausschliesslich einer Verschiedenheit der Farbenauffassung im Auge zugeschrieben hat. Diese Unterschiede finden indess, wie ich mich hinreichend überzeugt habe, auch für einen und denselben Beobachter statt, wenn er sich verschieden kraftvoller Fernrohre bedient oder die Oeffnung seines Instrumentes durch vorgesetzte Schirme willkürlich verändert. Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass nur solche Farbenbestimmungen von Fixsternen unter einander vergleichbar sind, welche

Digitized by Google

mit demselben Instrumente, bei gleichgrosser freier Objectivöffnung und gleicher Vergrösserung, fern von jeder seitlichen, störenden Lichteinwirkung erhalten worden sind.

Die Vergleichung der Angaben W. Herschel's mit denjenigen Struve's, die beide um einen Zeitraum von etwa 40 Jahren auseinander liegen, hat im Allgemeinen bezüglich der Farben der Doppelsterne eine merkwürdige Uebereinstimmung ergeben. Unter 98 Doppelstern-Paaren sind nur bei 2 die beiderseitigen Angaben absolut unvereinbar. Diese zwei Beispiele bieten γ Leonis und γ Delphini, zwei Doppelsterne, die von **Herschel als Weiss bezeichnet wurden, während Struve den einen Stern in beiden Paaren goldgelb, den andern im erstern Falle rothgrün, bei γ Delphini aber grünblau findet.**

Wenn es in diesen beiden Fällen noch ungewiss bleibt, ob die abweichenden Angaben beider berühmten Beobachter einer wirklichen Farbenveränderung oder, was wahrscheinlicher, einer blossen Verwechselung in den Angaben W. Herschel's zuzuschreiben sind, so gilt dies indess in keiner Weise von der durch Goldschmidt bereits 1857 nachgewiesenen Farbenänderung von σ Persei. Dieser Stern erschien dem berühmten Planetoiden-Entdecker, dessen Auge gerade für Farbenauffassung besonders geübt war, am 23. September 1854 schön rosenroth; am 18. Juli 1855 war diese Farbe nicht mehr zu bemerken und der Stern stach ins Gelbliche; am 2. August war er indess wiederum roth. Fernere Beobachtungen ergaben für die Farbe des Sternes:

1856 Juli	1.	weiss
„	8.	intensiv gelb
„	30.	roth
1863 Aug.	7.	weiss
„	8.	weiss.

Auf den Farbenwechsel des Doppelsternes 95 Herculis dessen beide Componenten 5. Grösse sind und von Struve als apfelgrün und kirschroth bezeichnet wurden, hat neuerdings Piazzi-Smyth aufmerksam gemacht. Schon im Jahre 1844 fand Santini beide Sterne blass und gleichfarbig und dasselbe beobachtete Piazzi-Smyth bei seiner astronomischen Expedition nach dem Pic von Teneriffa.

Meine eigenen Untersuchungen über die Farben der Fixsterne beschränken sich auf rothe Sterne der oberen Grössenclassen. Bei den bisherigen unzulänglichen Mitteln, um Farbenabstufungen von Sternen allgemein durch Zahlen zu bezeichnen, sind scharfe Beobachtungen bei rothen Sternen am besten und sichersten. Je intensiver ferner die Färbung ist, um so sicherer lässt sich über ihre eventuelle Aenderung im Laufe der Zeit, ein begründetes Urtheil fällen. Aus diesen Gründen wurden nur hellere Sterne gewählt, und die Beobachtungen mittels eines lichtvollen Kometensuchers angestellt, wobei folgende Abstufungen unterschieden wurden: tief feuerroth, schwach feuerroth, gelblich roth, röthlich

Digitized by Google

gelb, chromgelb, gelb. Bei der spätern Zusammenstellung wurde gelb mit 0, tief feuerroth mit 5 bezeichnet und auf diese Weise eine der Argelander'schen Helligkeitsscale analoge Farbenscale erhalten. Es war nothwendig, diese erläuternden Bemerkungen voraufzuschicken, um begreiflich zu machen, auf welche Weise ich nachstehend die Farbenabstufungen durch Zahlen bezeichne. Es fanden sich folgende Werthe für die Farben einzelner Sterne:

γ Aquilae	$3{,}4 \pm 0{,}3$
γ Andromedae	$2{,}9 \pm 0{,}2$
β „	$2{,}7 \pm 0{,}3$
β Ursae min.	$3{,}1 \pm 0{,}3$
γ Draconis	$3{,}4 \pm 0{,}2$
γ Leonis	$3{,}0 \pm$
α Tauri	$2{,}6 \pm 0{,}2$

Der Stern β Ursae min. wird häufig als gelb bezeichnet und ebenso gibt ihn Humboldt im 3. Bande des Kosmos an. Wäre diese Angabe richtig, so gehörte der Stern zu den die Farbe verändernden von langer Periode.

Die Beobachtungen ergaben mir für α Ursae majoris eine entschiedene Periode des Farbenwechsels. Innerhalb eines Zeitraumes von etwa 5 Wochen schwankt die Farbe des Sternes zwischen 0,8 und 4,0 (vgl. Heis, Wochenschrift 1868, Nr. 23). Die Sterne β Cygni, α Herculis und α Cassiopeiae zeigten gleichfalls eine wenn auch geringe Veränderung ihrer Farbennüance. Aus den construirten Licht-, und Farbencurven dieser Veränderlichen ergibt sich evident, dass einer Intensitätsabnahme der Farbe, d. h. einem Uebergange derselben aus Feuerroth ins Gelbliche, ein Helligkeitszuwachs entspricht. Jene Fixsterne verändern nur scheinbar ihre Helligkeit, in Wahrheit wechseln sie ihre Farbe. Die Physiologen wissen längst, dass ungleich brechbare Strahlen bei gleicher lebendiger Kraft der Schwingungen die Retina in ungleicher Weise erregen.

Digitized by Google

Anzahl der Fixsterne.

Bei Untersuchungen zur Feststellung der Zahl der Fixsterne sind drei verschiedene Gesichtspunkte zu unterscheiden, indem das Problem sowohl auf die Bestimmung der Zahl der mit blossem Auge sichtbaren Sterne beschränkt, als auch auf Ermittlung der ihren scheinbaren Oertern nach in Katalogen und Himmelskarten eingetragenen Fixsterne, oder endlich auf Schätzung der Anzahl aller in den mächtigsten Fernrohren noch erkennbaren Sterne ausgedehnt werden kann. In jedem dieser Fälle aber sind zur Zeit nur genäherte Zahlenwerthe zu ermitteln, und selbst die genaue Angabe der bezüglich ihres Ortes schärfer bestimmten Fixsterne, ist nur innerhalb beschränkter Grenzen gegenwärtig zu geben.

Bezüglich der Gesammtzahl aller mit blossem Auge noch unterscheidbaren Sterne, können wegen der individuellen Verschiedenheiten der menschlichen Sehkraft, durchaus nur relative Werthe ermittelt werden. Wenn man mit Recht darauf aufmerksam gemacht hat, dass für das unbewaffnete Auge eine gewisse Mittelstufe organischer Fähigkeit existirt, die bei dem älteren Geschlechte (bei Griechen und Römern) dieselbe wie heut zu Tage war, und wenn als Beweis zu dieser Behauptung darauf hingewiesen wird, dass vor mehreren tausend Jahren in der Plejadengruppe nur die sechs hellsten Sterne dritter, vierter und fünfter Grösse (Alkyone, Electra, Atlas, Merope, Maja und Taygeta) unterschieden wurden: so muss doch daran erinnert werden, dass dieser mittlere Werth der Sehkraft des unbewaffneten Auges, von einzelnen Individuen oft beträchtlich überschritten wird. Argelander zählt in seiner Uranometria nova auf einem Flächenraume, der 0,8 des Himmels überdeckt, nur 3256 Sterne 1. bis 6. Grösse, während Heis, mit einem ungleich schärfern Auge begabt, für denselben Raum der Himmelssphäre zu der Zahl von 4701 Sternen gelangt. Die nachstehende Tafel enthält nach Heis die Vertheilung dieser Sterne auf die einzelnen Sternbilder. Es bezeichnet die Columne *a* die Zahl

Digitized by Google

der Sterne, welche in Argelander's Cataloge zur Uranometria nova enthalten sind, *b* die Zahl der von Heis mit blossem Auge gesehenen Sterne, die Argelander's Catalog nicht enthält, und *c* die Gesammtzahl aller Sterne des betreffenden Sternbildes, die der Astronom von Münster noch mit unbewaffnetem Auge erkennt. (Heis, de magnitud. numeroque stell.)

Sternbild	*a*	*b*	*c*	Sternbild	*a*	*b*	*c*
Kleiner Bär	27	27	54	Schlange	50	13	63
Cassiopeia	67	68	135	Ophiuchus	73	16	89
Giraffe	84	49	133	Adler	82	42	124
Drache	130	55	185	Fuchs	37	18	55
Cepheus	89	68	157	Pfeil	16	2	18
Perseus	81	44	125	Delphin	20	9	29
Fuhrmann	69	46	115	Kleines Pferd	13	2	15
Luchs	42	17	59	Pegasus	108	67	175
Grosser Bär	138	65	203	Walfisch	98	41	139
Jagdhunde	54	34	88	Eridanus	93	35	128
Bootes	85	35	120	Hase	22	13	35
Krone, nördliche	26	4	30	Taube	6	—	6
Hercules	155	51	206	Einhorn	66	36	102
Leier	48	17	65	Hund, grosser	39	13	52
Schwan	145	27	172	Schiff Argo	42	16	58
Eidechse	31	23	54	Hydra	75	29	104
Andromeda	83	23	106	Becher	14	6	20
Fische	75	57	132	Jungfrau	100	35	135
Dreieck	15	13	28	Rabe	15	—	15
Widder	50	26	76	Centaur	7	—	7
Stier	121	53	174	Wage	28	18	46
Orion	115	11	126	Wolf	2	—	2
Zwillinge	53	36	89	Scorpion	31	3	34
Hund, kleiner	15	17	32	Schütze	53	7	60
Krebs	47	18	65	Schild Sobiesky's	11	—	11
Löwe	76	49	125	Steinbock	45	7	52
Löwe, kleiner	21	11	32	Wassermann	96	46	142
Sextant	17	14	31	Südl. Fisch	19	1	20
Haar der Berenice	36	12	48				

Heis bemerkt, dass, während er mehrere Sterne die als 6. Grösse in den Catalogen aufgeführt werden, vergeblich mit blossem Auge am Himmel sucht, alle in Argelander's Uranometrie eingetragene Sterne für ihn

Digitized by Google

sichtbar sind; dass er dagegen ausserdem noch eine gewisse Zahl von Sternen 6. Grösse wahrnehme, die sich weder in Bode's Catalog, noch in Harding's Karten finden, ja, dass er sogar einzelne Sterne erkenne, die selbst in Bessel's und Argelander's Zonen und auf den Sternkarten der Berliner Akademie fehlen. Verschiedene der von Heis mit blossem Auge erkannten Sterne, werden in den Catalogen als 6., 7., 7., ja selbst als 8. Grösse bezeichnet. Nichtsdestoweniger ist es diesem scharfsichtigen Beobachter niemals gelungen, einen einzelnen Jupiterstrabanten mit unbewaffnetem Auge zu erkennen, während er allerdings 12 Plejadensterne wahrnimmt, α Capricorni ohne Mühe doppelt, ε Lyrae bisweilen doppelt und fast stets länglich erblickt, Mercur, Venus und Jupiter häufig bei vollem Sonnenscheine und Uranus bei Abwesenheit des Mondlichtes erkennt.

Arago hat die Verhältnisse, welche die Sichtbarkeit lichtschwacher Sterne begünstigen oder vermindern, sehr klar entwickelt. „Das erweiterte Bild eines Sternes 7. Grösse," sagt dieser scharfsinnige Physiker, „erschüttert nicht genugsam die Retina, es erzeugt daher keine merkliche Empfindung des Lichtes. Wenn das Bild durchaus nicht erweitert wäre (durch die divergirenden Strahlen), so würde der Eindruck auf einen bestimmten Punkt der Netzhaut stärker sein und der Stern sichtbar werden. In diesem Falle würde die erste Classe der dem blossen Auge unsichtbaren Sterne nicht die 7. Grössenclasse sein, sondern man würde vielleicht bis zur 12. herabsteigen können. Betrachten wir eine Gruppe von Sternen der 7. Grösse, die einander so nahe stehen, dass die Zwischenräume derselben dem blossen Auge nothwendig entgehen. Wenn das Bild sich rein darstellte, wenn jeder Stern als Punkt erschiene, so würde der Beobachter den Anblick eines hellen Lichtfeldes haben, von dem jeder Punkt den concentrirten Glanz eines Sternes 7. Grösse besässe. Dieser concentrirte Glanz eines Sternes 7. Grösse genügt zur Sichtbarkeit desselben mit blossem Auge. Die Gruppe würde also sichtbar sein. Erweitern wir nun das Bild jedes Sternes der Gruppe auf der Retina; ersetzen wir jeden Punkt des ehemaligen Hauptbildes durch einen kleinen Kreis. In diesem Falle werden die Kreise in einander übergreifen und die verschiedenen Punkte der Netzhaut werden erleuchtet durch Licht, welches von mehreren Sternen gleichzeitig ausgeht. Man wird ohne Schwierigkeit sofort einsehen, dass mit Ausnahme der Ränder des Hauptbildes, dieses genau dieselbe Helligkeit haben wird, als in dem Falle, wo jeder Stern nur einen einzigen Punkt der Retina erhellt. Aber wenn jeder Punkt ein an Intensität gleiches Licht empfängt, wie das concentrirte eines Sternes 7. Grösse, so ist klar, dass die Erweiterung der einzelnen Bilder der aneinander grenzenden Sterne die Sichtbarkeit des Ganzen nicht verhindern wird. Die Fernrohre besitzen, wenn auch in beträchtlich geringerm Grade, den Fehler, den Fixsternen merkliche, factice Durchmesser zu geben. Mit diesen Instrumenten wird man daher, analog wie beim blossen Auge, Gruppen zahlreicher Fixsterne noch wahrnehmen können, die aus Sternen von geringerm Glanze bestehen, als diejenigen besitzen, welche die näm-

Digitized by Google

lichen Instrumente noch isolirt erkennen lassen." (Annuaire du bur. des long. 1842, p. 284.)

Eine andere Ursache, welche die Sichtbarkeit schwacher Sterne beeinträchtigt, ist das diffuse Licht der Atmosphäre, hervorgerufen durch die vereinigte Lichtstrahlung sämmtlicher Gestirne, in einzelnen seltenen Fällen auch als Product tellurischer Lichterzeugung. Schon Bouguer hat gefunden, dass ein Unterschied der Lichtstärke von $^1/_{60}$ zur Sichtbarkeit nothwendig ist. Es ist zweifellos, dass bei dem Mangel einer atmosphärischen Umhüllung, die Zahl der an dem tiefschwarzen Himmel sichtbaren Objecte eine ungleich grössere sein würde, als dies gegenwärtig der Fall ist, ganz abgesehen von der Absorption, die nach Seidel's Bestimmungen bei senkrechtem Durchgange eines Strahls durch die Atmosphäre $^1/_5$ beträgt (vgl. Bd. I, S. 97 bis 99). Die hauptsächlichsten Ursachen der Ueberglänzung eines schwächern durch ein helleres Licht sind von Arago nachgewiesen worden. „Es ist physiologisch möglich," sagt er, „dass die der Retina durch den hellern Lichtstrahl mitgetheilte Erschütterung sich über die Punkte, welche derselbe direct trifft, hinaus ausdehnt und dass diese secundäre Erschütterung diejenige, welche von dem weniger intensiven Strahle erzeugt wird, gewissermaassen absorbirt und neutralisirt. Allein ohne auf diese physiologischen Ursachen näher einzugehen, gibt es eine directe Veranlassung, welche man für das Verschwinden des schwachen Lichtes herbeiziehen kann, nämlich den Umstand, dass die von dem hellern Lichte kommenden Strahlen nicht bloss ein reines Bild auf der Retina erzeugen, sondern sich auch auf allen Theilen derselben ausbreiten und zwar wegen der unvollständigen Transparenz der Hornhaut. Indem die Strahlen des hellern Körpers *a* die Hornhaut durchlaufen, verhalten sie sich wie beim Durchgange durch einen nicht vollkommen polirten Körper. Ein Theil der regelmässig gebrochenen Strahlen bildet das Bild von *a* selbst, der andere, zerstreute Theil, erleuchtet die ganze Retina. Auf diesem erhellten Grunde projicirt sich nun das Bild des benachbarten Objectes *b*; es muss also entweder verschwinden oder geschwächt werden. Bei Tage tragen zwei Ursachen zur Schwächung des Lichtes der Sterne bei. Die eine ist das deutliche Bild der hellen Lufttheile zwischen dem Auge und dem betreffenden Sterne, auf dem sich erst das Bild des letztern darstellt; die andere Ursache ist in dem diffusen Lichte zu suchen, welches die Unvollkommenheiten der Hornhaut bei den Strahlen von allen Punkten der hellen Atmosphäre erzeugen. Bei Nacht wirken die zwischen dem Auge und dem Sterne lagernden Luftschichten nicht; jeder Stern des Firmaments erzeugt ein reines Bild, aber ein gewisser Theil des Lichtes wird wegen der unvollkommenen Diaphanität der Hornhaut zerstreut. Dasselbe Raisonnement lässt sich auf einen zweiten, dritten, ... tausendsten Stern anwenden und das Endresultat ist, dass die Retina sich in ihrer Totalität von einem diffusen Lichte erleuchtet findet, welches der Zahl und dem Glanze dieser Sterne proportional ist. Man erkennt auf diese Weise leicht, dass die Summe

Digitized by Google

dieses diffusen Lichtes das Bild eines Sternes, den man betrachtet, schwächen, ja ganz unsichtbar machen kann."

Es ist hier der Ort, der Wirkung der Fernrohre auf die Sichtbarkeit der Sterne als eines wichtigen und interessanten optischen Problems zu gedenken. Auch diese Wirkungsweise ist von dem in allen Theilen der Optik so überaus bewanderten Arago zuerst theoretisch ergründet worden. In seinem Briefe an Humboldt (vom December 1847) gibt er „von einer der Wirkungen der Fernrohre auf die Sichtbarkeit der Sterne" die nachfolgenden theoretischen Erläuterungen (vergl. Arago's Werke Bd. 10, XXXIV).

„Das Auge ist nur mit einer begrenzten Sensibilität begabt; wenn das auf die Retina fallende Licht nicht genug Intensität besitzt, so erweckt es im Auge keinen Eindruck. Durch diesen Mangel von Lichtstärke, entgehen, selbst in den dunkelsten Nächten, eine Menge von Sternen unserer Beobachtung. Die Fernrohre haben, bezüglich der Sterne, die Wirkung, die Lichtintensität des Bildes zu vermehren. Der cylindrische Büschel paralleler Strahlen, welcher, von einem Sterne kommend, auf die Objectivlinse fällt, und deren runde Oberfläche zur Basis hat, findet sich beim Austritte aus der Ocularlinse beträchtlich zusammengedrängt. Der Durchmesser des erstern Cylinders verhält sich zum Durchmesser des letztern, wie die Brennweite des Objectivs zur Brennweite des Oculars, oder auch wie der Durchmesser des Objectivs zum Durchmesser desjenigen Theiles des Oculars, welchen der austretende Strahlenbüschel einnimmt. Die Lichtintensitäten des auffallenden und austretenden Cylinders müssen sich demnach wie die oberflächlichen Ausdehnungen ihrer Grundflächen verhalten. Das (beim Ocular) austretende Lichtbündel wird demnach mehr condensirt, mehr intensiv sein, als das natürliche, auf das Objectiv fallende Bündel und zwar in dem Verhältnisse der Oberfläche des Objectivs zur kreisrunden Oberfläche der Basis des austretenden Bündels. Da das austretende Bündel, falls das Fernrohr vergrössert, schmäler ist, als das cylindrische Bündel der Strahlen, welches auf das Objectiv fällt, so ist klar, dass die Pupille, welches auch immer deren Oeffnung sein mag, mehr Strahlen empfangen wird durch Vermittelung des Fernrohres als ohne dasselbe. Das Teleskop vermehrt daher stets die Intensität des Lichtes der Sterne. Der günstigste Fall rücksichtlich der Wirkung der Fernrohre ist nun augenscheinlich der, in welchem die Pupille den ganzen austretenden Strahlenbüschel empfängt, als derjenige Fall, in welchem der Durchmesser des Büschels kleiner ist, als der Durchmesser der Pupille. In diesem Falle trägt das ganze Licht, welches das Objectiv umfasst, mittels des Teleskops dazu bei, das Bild zu bilden. Beim unbewaffneten Auge kommt dagegen nur ein Theil dieses Lichtes zur Verwendung; es ist dies derjenige kleine Theil, welchen die Oberfläche der Pupille von dem natürlich auffallenden Bündel abschneidet. Die Intensität des teleskopischen Bildes eines Sternes verhält sich demnach zu derjenigen des Bildes im unbewaffneten Auge, wie die Oberfläche des Objectivs zu derjenigen der Pupille."

Digitized by Google

„Das Vorstehende bezieht sich auf die Sichtbarkeit eines einzigen Punktes, eines einzigen Sternes. Gehen wir nunmehr über zur Beobachtung eines Objects von merklichem Winkeldurchmesser, eines Planeten. Im günstigsten Falle, d. h. wenn die Pupille die Totalität des austretenden Strahlenbündels empfängt, berechnet sich die Lichtintensität eines jeden Punktes des Planeten nach der Proportion, welche oben angegeben wurde. Die totale Menge des Lichtes, welche zur Bildung des ganzen Bildes im unbewaffneten Auge beiträgt, verhält sich demnach auch zur totalen Menge des Lichtes, welches das Bild des Planeten im Fernrohre bildet, wie die Oberfläche der Pupille zur Oberfläche des Objectivs. Die verhältnissmässigen Intensitäten der beiden Bilder eines Planeten, welche sich im blossen Auge und mittels des Fernrohres bilden, müssen aber selbstredend sich in dem Verhältnisse der Oberflächen beider Bilder verringern. Die linearen Dimensionen der beiden Bilder verhalten sich nun, wie der Durchmesser des Objectivs zum Durchmesser des austretenden Strahlenbündels. Die Oberfläche des vergrösserten Bildes übertrifft diejenige des Bildes im blossen Auge daher im Verhältnisse des Quadrats des Durchmessers des Objectivs zum Quadrate des Durchmessers des austretenden Strahlenbündels, oder wie die Oberfläche des Objectivs zur Oberfläche des austretenden Strahlenbüschels."

„Wir haben bereits das Verhältniss der totalen Mengen des Lichtes, welche beide Bilder eines Planeten erzeugen, in dem Verhältnisse der Objectivoberfläche zur Oberfläche der Pupille erhalten. Diese Zahl ist kleiner als der Quotient aus der Oberfläche des Objectivs durch die Oberfläche des austretenden Strahlenbüschels. Hieraus ergibt sich bezüglich der Planeten, dass mittels eines Fernrohres weniger an Licht gewonnen, als durch Vergrösserung der Bildoberfläche auf der Retina eingebüsst wird. Die Intensität dieser Bilder muss daher in dem Maasse abnehmen, als die Vergrösserung des Teleskops wächst."

„Die Atmosphäre kann hier als ein Planet von unbestimmten Dimensionen betrachtet werden. Der Theil derselben, welchen man in einem Fernrohre übersieht, wird daher das nämliche Gesetz der Lichtabschwächung befolgen, welches soeben auseinander gesetzt wurde. Das Verhältniss zwischen der Lichtintensität eines Planeten und dem erhellten Felde, in welchem man ihn erblickt, wird daher durch keine Vergrösserung und kein Fernrohr alterirt. In Beziehung auf die Lichtintensität begünstigen demnach die Teleskope die Sichtbarkeit der Planeten nicht."

„Mit den Fixsternen verhält es sich durchaus nicht ebenso. Die Intensität des Bildes eines Fixsternes ist beträchtlicher im Fernrohre, als beim Anblick mit blossem Auge, und im Gegentheile ist das von diffusem Lichte erleuchtete Gesichtsfeld heller beim blossen Auge, als im Fernrohre. Es existiren also, ohne über die Betrachtungen der Intensität hinauszugehen, zwei Ursachen, aus welchen in einem Fernrohre das Bild eines Sternes vor jenem der Atmosphäre beträchtlich mehr hervortritt, als im blossen Auge."

Digitized by Google

„Dieses Vorwiegen muss mit der Vergrösserung zunehmen. In der That, sieht man ab von einer gewissen Vergrösserung der Fixsterndurchmesser als Folgen der Wirkung der Diffraction oder Interferenz, sieht man ferner ab von der stärkern Reflexion des Lichtes an der gekrümmtern Oberfläche der Oculare von sehr kurzer Brennweite, so bleibt die Lichtintensität eines Fixsternes bei unveränderter Oeffnung des Objectivs constant, während die Helligkeit des Gesichtsfeldes in dem Maasse abnimmt, als die Vergrösserung wächst. Unter übrigens gleichen Umständen wird also ein Fixstern um so leichter sichtbar, er wird um so mehr im Gesichtsfelde hervortreten, je stärker die Vergrösserung ist, die man anwendet."

Die viel discutirte Möglichkeit des Sehens von Sternen bei Tage aus tiefen Schächten oder auf den Gipfeln sehr hoher Berge, muss hier vorübergehend erwähnt werden. Humboldt gesteht, niemals in Höhen von 14 000 bis 15 000 Fuss, Sterne bei Tage erkannt zu haben, und das Gleiche bemerken auch die Gebrüder Hermann und Adolph Schlagintweit. Dagegen hielt sich Saussure nach den übereinstimmenden Aussagen seiner Alpenführer versichert, dass diese bisweilen in Höhen von 12 000 Fuss und bei günstiger Stellung im Schatten beträchtlicher Bergmassen, Sterne am Tage gesehen hätten. Die Behauptung, welche schon Aristoteles aufstellte, dass bisweilen aus Erdgewölben und Cisternen bei Tage Sterne gesehen würden, muss indess durchaus abgewiesen werden. „Ich habe," sagt Humboldt im dritten Bande des Kosmos, „in Folge meines Berufs als praktischer Bergmann, mehrere Jahre lang einen grossen Theil des Tages in den Gruben zugebracht und durch tiefe Schächte das Himmelsgewölbe im Zenith betrachtet, aber nie einen Stern gesehen; auch in mexicanischen, peruanischen und sibirischen Bergwerken nie ein Individuum aufgefunden, das vom Sternsehen bei Tage hätte reden hören: obgleich unter so verschiedenen Breitengraden, unter denen ich in beiden Hemisphären unter der Erde war, sich doch Zenithalsterne genug hätten vortheilhaft dem Auge darbieten können." Ebenso negativ sind die Resultate gewesen, welche R. Wolf bei seinen Nachfragen erlangte. Der Director der Salinen von Bex, v. Charpentier, bemerkte dem Zürcher Astronomen, dass aus einem 400 Berner Schuh tiefen Schachte, als derselbe über einen Monat unbedeckt war, niemals Sterne am Tage gesehen worden seien, obgleich er und viele Andere absichtlich danach ausschauten, und zu diesem Zwecke häufig in den Schacht gestiegen seien. Gleichzeitig erfuhr v. Charpentier, dass die Arbeiter bisweilen absichtlich die Fabel von dem Sehen der Sterne aus tiefen Schächten erzählen, um diese interessanter zu machen. (Berner Mitth. Juni 1851.) —

Die ersten Versuche einer Ortsbestimmung der mit blossem Auge sichtbaren Fixsterne reichen hinauf bis gegen den Anfang des dritten Jahrhunderts vor Beginn unserer Zeitrechnung, wo Timocharis und Aristillus aus den Zeiten der Auf- und Untergänge die Positionen vieler Fixsterne bestimmten. Sind auch diese Arbeiten (bis auf eine Sternbedeckung durch den Mond 294 v. Chr. und einige andere Beob-

Digitized by Google

achtungen) nicht auf uns gekommen, und muss man auch gestehen, dass sie nur sehr rohe Resultate liefern konnten: so waren doch diese letzteren genau genug, um anderthalb Jahrhundert später, in der Vergleichung der Beobachtungen Hipparch's, diesen letztern, grössten Astronomen des Alterthums, das Zurückweichen der Nachtgleichen erkennen zu lassen. Freilich ist auch die Sterntafel Hipparch's, die 1080 Positionen für 128 v. Chr. enthielt, in ihrer ursprünglichen Gestalt nicht auf die Gegenwart gekommen; aber ihre hauptsächlichsten Resultate sind uns doch in dem nach Längen und Breiten geordneten Ptolemäischen Cataloge erhalten, den der Almagest aufführt, und welcher, mit Einschluss von fünf sogenannten Nebeln, 1025 Positionen umfasst. Dieser Fixsterncatalog erstreckt sich auf die sechs obersten Grössenclassen, aber er enthält, wegen der grossen Unvollständigkeit in den Angaben der Sterne 5. und 6. Grösse, kaum den vierten Theil der über dem Horizonte von Rhodus oder Alexandrien sichtbaren Fixsterne. Nach Grössenclassen geordnet, enthält dieses Hipparchisch-Ptolemäische Fixsternverzeichniss folgende Summen von Sternen:

1. Grösse	15 Sterne	4. Grösse	474 Sterne
2. „	45 „	5. „	217 „
3. „	208 „	6. „	49 „

Die sehr geringe Zahl der Sterne 6. Grösse ist auffallend; es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass der Beobachter hier nicht nach absoluter Vollständigkeit strebte, sondern nur diejenigen lichtschwächeren Sterne bestimmte, deren Position ihm aus irgend welchen Gründen besonders wichtig erschien. Dieser Catalog, die Bewunderung der Geschlechter, blieb sechszehn Jahrhunderte hindurch der einzige, den das Menschengeschlecht von den mit blossem Auge sichtbaren Fixsternen aufzuweisen vermochte. Erst nachdem im Jahre 1430 des Weltenstürmers Tamerlan Enkel, der Tartarenfürst Ulugh Beigh, die berühmte Sternwarte zu Samarkand errichtet und mit den prachtvollsten und grössten Instrumenten ausgerüstet hatte, erschien 1437 der „Zig Ulugh Beigh", welcher einen auf eignen, sorgfältigen Beobachtungen beruhenden Fixsterncatalog von 1019 Sternpositionen, auf 1437 reducirt, enthielt und neuerdings der Welt durch Baily's Bearbeitung wieder zugänglich geworden ist. Ist dieser Catalog ursprünglich auch etwas weniger ausgedehnt, als der Hipparchisch-Ptolemäische, so sind doch seine Positionen wesentlich zuverlässigere; aber in dem spätern Commentar von Bekri Altizini finden sich nur 300 im Jahre 1533 beobachtete Sterne. Noch genauer, aber auch wieder weniger umfangreich, ist das Fixsternverzeichniss von Tycho Brahe; es enthält 777 Sterne, sämmtlich auf das Jahr 1600 reducirt. Fast gleichzeitig mit Tycho beobachteten Wilhelm IV., Landgraf von Hessen-Cassel, und Rothmann; sie brachten einen Catalog von 400 wohlbestimmten Sternen zusammen. Sechszig Jahre später, 1677, beschäftigte sich Halley mit der Beobachtung südlicher Sterne und brachte trotz

Digitized by Google

des kurzen Aufenthaltes auf St. Helena einen Catalog von 350 südlichen Sternen zusammen. Hevel's Sternverzeichniss enthält 1888 Sterne auf das Jahr 1660 reducirt, es ist der letzte Catalog von mit unbewaffnetem Auge bestimmten Positionen. Von 1751 bis 1752, in kaum zehn Monaten, beobachtete Lacaille fast 10 000 südliche Sterne. Sein von Henderson auf 1750 reducirtes Sternverzeichniss enthält 9766 südliche Sterne bis zur 7. Grösse. Bradley's unvergleichliche Beobachtungen, die Fundamente der heutigen Astronomie, umfassen 3222 Sterne; sie sind von Bessel auf das Jahr 1755 reducirt worden. Piazzi's Catalog enthält 7646 Sterne für das Jahr 1800, aber die Positionen stehen an Genauigkeit den Bradley'schen erheblich nach. Das Verzeichniss von Rümker umfasst 12 000, jenes von Taylor 11 015 Sterne. Die Beobachtungen des unglücklichen d'Agelet an dem $7\frac{1}{2}$ füssigen Bird'schen Mauerquadranten der Ecole militaire zu Paris, von 1782 bis 1785, enthalten die Positionen von 2907 Sternen zwischen — 36° und + 50° Declination; sie sind von B. A. Gould sehr sorgsam auf 1800 reducirt worden. Lalande's Catalog, gegründet auf die Beobachtungen von le Français de Lalande und Burckhardt, zwischen 1789 und 1800, enthält in Françis Baily's Bearbeitung 47 390 Sterne bis zur 9. Grösse. Groombridge's Beobachtungen lieferten einen werthvollen Catalog von 4243 meist circumpolaren Sternen; sie sind auf 1810 reducirt worden. Bessel hat in den Jahren 1825 bis 1833 etwa 75 000 Beobachtungen von Sternen zwischen 15° südlicher und 45° nördlicher Declination als Grundlage eines umfassenden Sterncatalogs angestellt. Aus diesen Zonen sind durch Weisse 31 895 Sterne zwischen — 15° und + 15° Declination auf 1825 reducirt worden. Argelander's Durchmusterung des nördlichen Himmels von 45° bis 80° Declination enthält über 22 000 Fixsternpositionen. Lamont's Zonenbeobachtungen seit 1840, umfassen nahezu 50 000 Sterne. Im Jahre 1866 hat derselbe Astronom ein Verzeichniss von 9412 Aequatorealsternen zwischen — 3° und + 3° Declination, auf den Anfang des Jahres 1850 reducirt, veröffentlicht. Schjellerup's wichtiger Fixsterncatalog enthält die Orte von 10 000 teleskopischen Sternen zwischen — 15° und + 15° Declination. Es konnte in dieser fragmentarischen Aufzählung nur der umfassendern Fixsterncataloge der Neuzeit gedacht werden. Die grösseren dieser Sternverzeichnisse sind durch sogenannte Zonenbeobachtungen, bei denen nur eine bestimmt begrenzte Genauigkeit der Positionen angestrebt wird, erhalten worden. Diese Beobachtungen, auf deren Wichtigkeit vor fast einem halben Jahrhunderte der unsterbliche Bessel aufmerksam machte (Astr. Nachr. Bd. I, S. 257 u. ff.), bilden die Grundlage von Himmelskarten, denen im Verlaufe von weniger als einem Menschenalter von den einzelnen Beobachtern eine immer grössere Vollkommenheit, oder bezeichnender, eine immer grössere Tiefe gegeben worden ist. Die ersten, rohen Anfänge dieser Karten, wie wir sie in Bayer's 1654 zu Augsburg erschienener Uranometrie erblicken, die hauptsächlich nach Tycho's Beobachtungen entworfen worden, hatten gleichwohl schon das Gute, dass sie

Digitized by Google

ein richtiges Princip für die Bezeichnung der Sterne durch Buchstaben des griechischen und römischen Alphabets statt durch besondere Eigennamen, einführten. Der von Hevel 1690 erschienene Himmelsatlas umfasste 1900 auf eignen Beobachtungen beruhende Sternpositionen. Flamsteed's grösserm, auf Greenwicher Beobachtungen beruhendem Atlas coelestis (1729) folgte 1781 des verdienstvollen Bode's „Vorstellung der Gestirne auf 34 Tafeln", ein Himmelsatlas, der 5000 Sterne umfasste. Im Jahre 1796 kündigte Bode einen „neuen Himmelsatlas in grösstem Format" an. „Ich gedenke," sagte der Berliner Astronom in seiner Ankündigung, „diesen neuen Himmelsatlas auf zwanzig Blättern zu liefern. Zwei davon werden die Hemisphären des Widders und der Wage nach einer Aequatorealprojection, sechs die zwölf Sternbilder des Thierkreises und zwölf alle übrigen, sowohl alte als neue Sternbilder der nördlichen und südlichen Halbkugel vorstellen. Diese achtzehn Specialkarten werden über 10 000 von einander verschiedene Sterne, Nebelflecke und Sternhaufen, erstere bis zur 7. Grösse, in etwa 103 Sternbilder vertheilt, enthalten." Die erste Lieferung dieser Karte erschien 1797, vollendet wurde das Werk 1801. Man hat ihm trotz unleugbarer Vorzüge mit Recht den Vorwurf gemacht, dass die Zeichnungen der Sternbildfiguren die eigentlichen Sterne allzu sehr in den Hintergrund drängen. Von diesen Mängeln vielfach frei und weit umfassender ist Harding's berühmter Atlas novus coelestis (Göttingen 1827) auf 27 Tafeln gegen 70 000 Sterne umfassend: mit Ausnahme der Ekliptikalregionen bis zum vergangenen Jahrzehnt das umfassendste Kartenwerk des Himmels. Hierhin gehört noch die Erwähnung von Schwinck's Mappa coelestis (1838), eines sorgfältig entworfenen Kartenwerks, das in fünf Blättern 12 148 Sterne 1. bis 7. Grösse enthält.

Das Unternehmen der Sternkarten der Berliner Akademie nach Bessel's Plane entworfen und zum Theile auch auf seine Zonenbeobachtungen begründet, hat einer unverhältnissmässig langen Zeit zu seiner Vollendung gebraucht, trotzdem besonders Encke, der gleich nach seiner Niederlassung in Berlin mit hinzugezogen wurde, beträchtliche Mühe darauf verwandte. Diese Karten sollten, nach Bessel's Idee, neben einer genauen Kenntniss des Himmels auch die Mittel darbieten, etwa noch vorhandene Körper unsers Sonnensystems, unter den Fixsternen erkennen zu lassen. Auf 24 Blättern sollte der Raum des Himmels von 15° nördlich und südlich des Aequators wiedergegeben und alle Sterne aufgenommen werden, die mit einem Fraunhofer'schen Kometensucher von 34‴ Oeffnung bei zehnmaliger Vergrösserung sichtbar sind. Die gänzliche Realisirung dieses Projectes hat deshalb eine so lange Zeit in Anspruch genommen, weil viele Mitarbeiter die Sache entweder liegen liessen oder nur sehr langsam betrieben. Die vollständige Fertigstellung dieser Himmelskarten erfolgte erst im Jahre 1858, fünf Jahre früher als der grosse Argelander'sche Himmelsatlas erschien, der, innerhalb eines Zeitraumes von 7 Jahren, ganz allein auf der Bonner Sternwarte angefertigt,

Digitized by Google

die Berliner Karten weit hinter sich zurücklässt. Dieser Atlas wird voraussichtlich für einen langen Zeitraum von vielen Decennien das Hauptkartenwerk des gestirnten Himmels bilden, so dass, der Grossartigkeit des Gegenstandes entsprechend, es geboten erscheint, bei der Genesis desselben hier kurz zu verweilen.

Die Grundlage der Argelander'schen Himmelskarten bildet die Durchmusterung des nördlichen Himmels, welche in den Jahren 1852 bis 1862 auf der Bonner Sternwarte ausgeführt worden ist. Die Positionen sind nicht, wie es meist bisher geschehen (besonders in den Berliner Karten), nach erfolgter Eintragung der in den verschiedenen Catalogen publicirten Sternpositionen in ein Kartennetz, durch Hinzufügung der noch unbestimmten Sterne mittels Einzeichnung nach dem Augenmaasse erhalten worden: sondern alle Sterne sind durch neue, absolute Beobachtungen mit derjenigen Genauigkeit bestimmt worden, welche der nächste Zweck, die Darstellung von Himmelskarten, erfordert. Die Karten erstrecken sich über die ganze Nordhemisphäre bis zum Parallelkreise von 2° südlicher Declination. Diese beiden Parallelstreifen des südlichen Himmels sind beigefügt worden, um eine Vergleichung möglich zu machen, falls auf der südlichen Erdhemisphäre dereinst eine, den antarktischen Himmel umfassende, analoge Arbeit sollte ausgeführt werden. Als Instrument für die Beobachtungen diente ein Fraunhofer'scher Kometensucher von 24 Zoll Brennweite und 34 Linien Oeffnung, versehen mit einem orthoskopischen Oculare von zehnmaliger Vergrösserung, das freilich ein ausgedehnteres Gesichtsfeld und grössere Lichtstärke gewährt, als die gewöhnlichen Münchener Oculare. Die erste Beobachtung begann am 25. Februar 1852, die letzte fand statt am 27. März 1859, innerhalb welcher Zeit in 625 Nächten 1841 Zonen beobachtet, und in runder Summe 1 065 000 einzelne Observationen angestellt wurden. Die Gesammtzahl der in die Karten auf einem Areale von 21 346 Quadratgraden eingezeichneten Sterne, beträgt nach Argelander 324 198, so dass im Mittel auf jeden Quadratgrad 15,19 Sterne kommen. Diese Sternenfülle ist freilich in den verschiedenen Regionen des Himmels beträchtlich verschieden. In der Milchstrasse erreicht sie den bedeutendsten Werth, im Mittel 29½, das absolute Maximum in den 20 Quadratgraden, deren Mitte auf 19° 56′ Rectascension und 37,5° nördl. Declination fällt, erreicht 41,4, das Minimum in der Nähe des Haupthaares der Berenice, um den Pol der Milchstrasse, schwankt zwischen 7 und 9. Die absolut sternärmste Gegend findet sich indess in der Nähe der Milchstrasse, an den Hörnern des Stiers, wo für die 22 Quadratgrade, deren Mitte auf $4^h\ 26^m$ Rectascension und 27,5° nördl. Declination fällt, die Sternenfülle nur 5,9 beträgt.

Karl von Littrow hat unter seiner Aufsicht die mühevolle Arbeit der genauen Zählung aller, in Argelander's grossem Cataloge aufgeführten Sterne nördlich vom Aequator, ausführen lassen und der Wiener Akademie die Resultate dieser umfassenden Arbeit in Verzeichnissen, die nach Declinationen und Zehnteln der scheinbaren Helligkeit geordnet

Digitized by Google

sind, am 21. Januar 1869 vorgelegt. Ich entlehne dieser Zählung folgende tabellarischen Angaben. (Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1869, Bd. LIX, 2. Abthl.)

Zahl der Sterne der einzelnen Grössenclassen, nach dem Bonner Verzeichnisse.

Grössenclasse	Zahl der Sterne	Grössenclasse	Zahl der Sterne
1,0	4	5,3	93
1,1	1	5,4	40
1,2	1	5,5	185
1,3	2	5,6	30
1,4	0	5,7	115
1,5	0	5,8	177
1,6	0	5,9	48
1,7	2	6,0	618
1,8	0	6,1	106
1,9	0	6,2	293
2,0	16	6,3	275
2,1	2	6,4	101
2,2	4	6,5	1 239
2,3	5	6,6	159
2,4	0	6,7	457
2,5	6	6,8	901
2,6	1	6,9	237
2,7	0	7,0	2 141
2,8	3	7,1	345
2,9	0	7,2	984
3,0	30	7,3	1 356
3,1	6	7,4	516
3,2	12	7,5	2 860
3,3	12	7,6	609
3,4	5	7,7	1 537
3,5	30	7,8	2 484
3,6	3	7,9	991
3,7	10	8,0	5 622
3,8	14	8,1	1 778
3,9	8	8,2	3 650
4,0	56	8,3	4 609
4,1	16	8,4	3 101
4,2	34	8,5	9 788
4,3	21	8,6	4 189
4,4	8	8,7	6 799
4,5	60	8,8	10 963
4,6	15	8,9	7 596
4,7	36	9,0	23 277
4,8	51	9,1	15 615
4,9	15	9,2	20 734
5,0	194	9,3	31 278
5,1	36	9,4	34 951
5,2	83	9,5	111 276

Digitized by Google

Sternhäufigkeit des nördlichen Himmels

Parallelzone n. Declin.	Sterngrössen				
	1,0 bis 1,9	2,0 bis 2,9	3,0 bis 3,9	4,0 bis 4,9	5,0 bis 5,
0°	—	—	2	3	13
1	—	—	—	1	12
2	—	—	7	10	18
3	—	1	—	4	6
4	—	—	3	7	13
5	1	—	1	3	13
6	—	2	3	6	9
7	—	—	—	5	14
8	1	—	2	6	12
9	—	1	4	7	18
10	—	—	4	3	13
11	—	—	2	3	22
12	1	1	—	4	12
13	—	—	2	—	19
14	—	2	3	6	19
15	—	1	4	3	13
16	1	1	2	4	25
17	—	—	3	5	16
18	—	—	2	11	14
19	1	—	3	3	18
20	—	2	—	9	20
21	—	2	1	7	14
22	—	1	4	5	16
23	—	—	3	10	13
24	—	—	3	4	18
25	—	—	2	4	16
26	—	—	1	6	15
27	—	2	2	4	20
28	1	2	2	5	22
29	—	—	2	7	11
30	—	—	1	3	13
31	—	—	4	3	17
32	1	—	4	3	13
33	—	1	3	2	15
34	—	1	2	6	13
35	—	—	1	4	11
36	—	—	1	3	18
37	—	—	2	14	20
38	1	1	—	4	12
39	—	1	3	8	14
40	—	—	2	5	18
41	—	1	2	4	13
42	—	—	1	8	17
43	—	—	1	3	18
44	1	1	1	3	8

Digitized by Google

nach dem Bonner Verzeichnisse.

Sterngrössen				Veränderliche	Nebel
0 bis 6,9	7,0 bis 7,9	8,0 bis 8,9	9,0 bis 9,5		
67	218	883	3232	—	—
71	220	835	3113	—	1
76	246	868	3171	—	2
65	232	854	3078	—	1
59	217	819	3213	1	1
61	230	826	3107	1	1
61	290	721	2807	—	1
59	291	712	2614	—	—
49	265	695	2367	1	—
58	265	649	2228	1	—
53	164	628	2226	1	3
65	158	655	2251	—	1
60	142	616	2031	2	—
41	133	668	1948	1	—
59	171	657	2029	—	—
64	147	519	1924	1	2
50	145	501	1885	1	—
50	126	480	1694	—	1
40	146	452	1462	—	—
37	112	412	1330	—	—
46	107	403	1429	—	2
30	106	361	1175	—	1
30	104	353	1101	—	—
28	71	296	1029	—	—
37	95	314	924	1	1
27	91	274	941	—	1
26	66	238	914	1	—
29	81	227	795	—	—
34	60	206	767	—	—
20	63	199	771	—	1
26	61	187	628	—	—
18	47	208	669	—	—
18	63	174	677	1	—
21	45	130	652	—	—
19	52	151	577	—	—
16	42	135	593	—	—
16	35	115	677	—	—
6	16	120	605	—	—
7	21	86	558	—	—
6	18	89	431	1	—
4	13	76	317	—	—
5	10	51	279	—	—
1	5	37	176	—	—
2	2	22	115	1	—
—	1	5	32	—	—

Digitized by Google

Die Unregelmässigkeit in den Zahlenreihen für die verschiedenen Zehntelgrössen kann, wie auch Littrow hervorhebt, nicht überraschen, wenn man bedenkt, dass die unmittelbaren Schätzungen in den Bonner Beobachtungen sich nur auf halbe Grössen bezogen und man daher in den angesetzten Zehnteln Mittelwerthe aus den verschiedensten Notirungen vor sich hat.

Argelander's neue Uranometrie enthält für die dem blossen Auge sichtbaren Sterne verhältnissmässig sehr genaue Helligkeitsbezeichnungen, aber analoge Karten des südlichen Himmels waren bis zur Gegenwart ein frommer Wunsch. Erst im Jahre 1866 hat Dr. Behrmann, auf einer zehnmonatlichen Reise nach der südlichen Erdhemisphäre, die Construction von Karten des Südhimmels ausgeführt, welche alle dem blossen Auge sichtbaren Sterne ihrer Position und Grösse nach umfassen. Der Beobachter fand die Gesammtzahl dieser Sterne über 2000, während man nach Einblick in Argelander's Uranometrie eine weit geringere Zahl erwarten sollte. Der Grund dieser Incongruenz scheint sowohl in einem grösseren Sternreichthum der südlichen Himmelshälfte, als auch in dem Unterschiede der Sehkraft und dem reinen Himmel der Tropen begründet zu sein.

Während die Bonner Himmelskarten die vorläufige Kenntniss aller Sterne bis zur 9. Grösse gewähren, also dem ersten Theile des vor fast einem halben Jahrhunderte von Bessel (Astr. Nachr. Bd. I, S. 257 u. ff.) nachgewiesenen Bedürfnisses entgegenkommen, blieb es der Gegenwart vorbehalten, den Bessel'schen Vorschlag auch in seinem zweiten Theile zu realisiren, d. h. die genauen Positionen aller Sterne bis zur 9. Grösse an Meridianinstrumenten festzustellen. Hauptsächlich auf Argelander's Veranlassung, hat die deutsche astronomische Gesellschaft die Ausführung dieses grossen Planes in die Hand genommen und in der dritten Generalversammlung (1869 zu Wien) ein definitives Programm aufgestellt, nach welchem die Beobachtungen zu richten sind. Die auszuführende Arbeit erstreckt sich auf die Gegend zwischen -2^0 und $+80^0$ der Declination. Für die südlicheren Gegenden fehlen in manchen Stunden der Rectascension noch die nöthigen Anhaltspunkte, die Gegend um den Nordpol bis 9^0 Polardistanz ist dagegen erst unlängst von Carrington vollständig catalogisirt, die Durchbeobachtung des Gürtels von 80^0 bis 81^0 nördlicher Declination hat sich bereits seit einigen Jahren die Hamburger Sternwarte zur Aufgabe gestellt, und ausserdem sind auf der Kasaner Sternwarte die Sterne zwischen 80^0 und dem Pol in neuester Zeit mit grosser Vollständigkeit und Genauigkeit beobachtet worden. Eine Wiederholung der Beobachtung dieser Zone wäre daher überflüssig. Die Ausführung der Arbeit innerhalb der angegebenen Grenzen haben die hauptsächlichsten Sternwarten Europas übernommen, der Art, dass durchschnittlich jede eine Zone von etwa 5^0 übernahm. Innerhalb der gesteckten Grenzen werden alle Sterne beobachtet, welche in der Bonner Durchmusterung die Grösse 9,0 oder eine hellere haben, ferner alle

Digitized by Google

schwächer angegebenen, die in den Zonenbeobachtungen der Histoire céleste oder den Königsberger und Bonner Zonen vorkommen. Jeder Stern wird zwei Mal beobachtet und der mittlere Ort für das Aequinoctium von 1875,0 daraus hergeleitet. Zeigt sich zwischen den Resultaten der beiden Beobachtungen eine grössere Differenz, so wird der Fehler durch eine dritte Beobachtung aufgeklärt. Die Beobachtungen sind Differentialbeobachtungen. Um in die Arbeiten der verschiedenen Sternwarten Einheit und Zusammenhang zu bringen, wird auf der Pulkowaer Sternwarte eine Reihe von 539 über den nördlichen Himmel möglichst gleichförmig vertheilten Sternen aufs Sorgfältigste bestimmt, an welche die Beobachtungen in der Art angeschlossen werden, dass Uhrstand und Polpunkt nur vermittelst der Positionen dieses Pulkowaer Verzeichnisses, und zwar aus hinreichend nahe gelegenen Sternen, ermittelt werden. Bei der regen Betheiligung der hervorragendsten Sternwarten an diesem grossen Werke, kann dessen Vollendung in nicht zu langer Zeit sicher erwartet werden.

Berechnungen der Gesammtzahl aller Fixsterne, welche noch in mächtigen Teleskopen erkannt werden, können nach dem gegenwärtigen Zustande des Wissens nur eine beschränkte Zuverlässigkeit beanspruchen. Sie werden im Laufe der Zeiten in dem Maasse an Genauigkeit und Sicherheit gewinnen, als die Sterncataloge und Himmelskarten eine immer grössere Ausdehnung über die geringeren Grössenclassen der Sterne erhalten.

Die älteren Versuche dieser Art sind daher meist Schätzungen, die fast jeder wissenschaftlichen Grundlage ermangeln. So gibt z. B. Lalande (Histoire céleste p. IV.) die Zahl der von ihm beobachteten, mit blossem Auge sichtbaren Sterne zu 6000 an; allein eine genauere Untersuchung Argelander's findet für die Gesammtsumme dieser Sterne 1. bis 6. Grösse bloss 3800, in dem zwischen — 26° 30′ und + 90° Declination liegenden Theile des Himmels, welchen Lalande's Beobachtungen umfassen. Da dieser Theil 0,72310 der vollständigen Sphäre ist, so würde sich für den ganzen Himmel die Anzahl von 5255 dem blossen Auge sichtbaren Sternen ergeben. Das stimmt ziemlich überein mit dem Werthe von 5800 einzelnen, dem blossen Auge an der ganzen Himmelssphäre sichtbaren Sternen, zu welchem Heis durch seine mühevolle Arbeit gelangt ist.

Struve gibt (Descript. de l'Observ. de Poulkowa p. 268) die Zahl der Sterne bis zur 7. Grösse in der von ihm durchmusterten Himmelsgegend zwischen — 15° und + 90° Declination zu 13 400 an, woraus für den ganzen Himmel 21 300 folgen würden. In der Einleitung zu Weisse's Reduction der Königsberger Zonen, findet Struve nach einer Wahrscheinlichkeitsrechnung, von — 15° bis + 15° Declination: 3903 Sterne 1. bis 7. Grösse, also für den ganzen Himmel 15 050. Diese Zahl ist geringer als die eben angeführte, weil Bessel die helleren Sterne fast eine halbe Grössenclasse geringer schätzte als Argelander. Nach einer genauern Discussion des zur Zeit vorliegenden Materials, gab Arge-

Digitized by Google

lander 1850 (im Kosmos Bd. III, S. 190 bis 193) folgende Zahlen für die Summen aller Sterne der einzelnen Grössenclassen:

1.	Grösse	20 Sterne
2.	„	64 „
3.	„	190 „
4.	„	425 „
5.	„	1 100 „
6.	„	3 200 „
7.	„	13 000 „
8.	„	40 000 „
9.	„	142 000 „
	Total . .	200 000 Sterne.

Gegenwärtig bietet die grosse, auf der Bonner Sternwarte vollendete Arbeit der Mappirung sämmtlicher Sterne 1. bis 9,5. Grösse des nördlichen Himmels Gelegenheit, diese eben angegebenen Zahlen mit den Resultaten genauerer und umfassenderer Beobachtungen zu vergleichen. Setzt man im Mittel die südliche Hemisphäre des Himmels ebenso sternreich als die nördliche, so ergeben sich folgende Gesammtsummen für die einzelnen Grössenclassen:

1.	Grösse	16 Sterne
2.	„	70 „
3.	„	198 „
4.	„	460 „
5.	„	1 496 „
6.	„	6 004 „
7.	„	19 902 „
8.	„	68 338 „
9.	„	533 356 „
	Total . .	629 840 Sterne.

Man sieht, diese letzteren, auf wirklichen Zählungen basirenden Sternsummen, übertreffen die früheren Schätzungen um mehr als das Dreifache. Man kann hiernach mit einem hohen Grade von Sicherheit die Gesammtzahl aller Sterne des Himmels von der ersten bis zur Grössenclasse 9,5 incl. zu rund 600 000 angeben.

In seiner, der Wiener Akademie vorgelegten Abhandlung „Zählung der nördlichen Sterne im Bonner Verzeichnisse, nach Grössenclassen," hat Karl v. Littrow, auf die erhaltenen Werthe gestützt, weitere Untersuchungen über die Zahl und Vertheilung der Sterne im Raume angestellt. (Sitzb. d. Wien. Acad. d. Wissensch. Bd. LIX, Abth. II.).

Von der Voraussetzung ausgehend, dass die Sterne durchschnittlich gleiche Entfernung von einander haben und die Unterschiede der Leuchtkraft durch die Unterschiede der Distanzen von der Erde bestimmt wer-

Digitized by Google

den, findet derselbe, wenn das gesammte Material nach halben Grössenclassen zusammengefasst wird und alle Sterne zwischen 1,3 und 1,7 zur Grösse 1,5, ebenso alle Sterne zwischen 1,8 und 2,2 zur Grösse 2,0 u. s. w. gezählt werden, folgende Ergebnisse.

Bezeichnet z_m die Zahl der Sterne bis incl. $m$ter Grösse, Z_m die Zahl der Sterne $m$ter Grösse allein und $r_{m+0,5}$ den Umschlussradius für diese Sterne $m$ter Grösse, wobei die mittlere Distanz der Sterne 1. Grösse die Einheit bildet, so hat man:

$$z_m = 1{,}3648 \,.\, (3{,}5302)^m$$
$$Z_m = 0{,}6385 \,.\, (3{,}5302)^m$$
$$r_{m+0,5} = \frac{1}{\delta^{m-1}} = \frac{0{,}6568}{(0{,}6568)^m}$$

Aus diesen Formeln ergeben sich leicht folgende Resultate für die

Nördliche Hemisphäre.

Sterne	Rechnung	Zählung	Umschlussradien
Grösse 1	2	6	0 bis 1,0
„ 1,5	4	4	1,0 „ 1,2
„ 2,0	8	22	1,2 „ 1,5
„ 2,5	15	12	1,5 „ 1,9
„ 3,0	28	51	1,9 „ 2,3
„ 3,5	53	60	2,3 „ 2,9
„ 4,0	99	128	2,9 „ 3,5
„ 4,5	186	140	3,5 „ 4,4
„ 5,0	350	379	4,4 „ 5,4
„ 5,5	658	463	5,4 „ 6,6
„ 6,0	1 236	1 242	6,6 „ 8,2
„ 6,5	2 322	2 231	8,2 „ 10,1
„ 7,0	4 362	4 608	10,1 „ 12,5
„ 7,5	8 197	6 878	12,5 „ 15,4
„ 8,0	15 400	14 525	15,4 „ 19,0
„ 8,5	28 935	28 486	19,0 „ 23,4

Den Umschlussradius für die Sterne 16. Grösse nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise oder beiläufig der Grösse 15,8 der obigen Bezeichnung, findet man gleich 504 der angenommenen Einheiten, also sehr nahe übereinstimmend mit W. Herschel, der aus seinen Aichungen die grösste Entfernung der uns noch sichtbaren Fixsterne der Milchstrasse zu 497 Siriusweiten schätzte. Die Anzahl dieser Sterne bei durchaus gleicher

Digitized by Google

Vertheilung derselben im Raume ergibt sich aus den obigen Formeln Littrow's zu 617 Millionen für die nördliche Hemisphäre oder etwa 1200 Millionen für den ganzen Himmel.

Diese Zahlen bezeichnen freilich nur Annäherungen an die Wahrheit; aber nach den Grundlagen zu urtheilen, auf denen sie basiren, wird die Zukunft sie niemals erheblich modificiren können. Wenn das ungeübte Auge zu der nächtlich leuchtenden Sternendecke emporschaut und die durch intermittirendes Flimmern und unregelmässige Ausstreuung und Lichtstrahlung scheinbar ins Unzählige vermehrte Sternenmenge staunend bewundert: so ist es der Wissenschaft von heute gegeben, zu zeigen, wie die dem blossen Auge unzählbar vorkommende Sternenmenge kaum dem dreimalhunderttausendsten Theile derjenigen Fixsternzahl gleichkommt, welche in den mächtigsten Teleskopen noch isolirt wahrgenommen werden können.

Die scheinbare Vertheilung der Sterne am Himmelsgewölbe ist, wenn man nicht bis zu den schwächeren Grössenclassen hinabsteigt, eine sehr unregelmässige. Erst wenn man bis zur 7. Grössenclasse fortschreitet und dabei ausgedehntere Räume des Himmels umfasst, zeigen sich Ungleichheiten, die auf eine Gesetzmässigkeit höherer Ordnung hinweisen. So fand Schwinck die Vertheilung der 12 148 Sterne seiner Mappa coelestis in vier Gruppen wie folgt:

in Rectascension	50^0	bis	140^0	: 3147	Sterne,
„	140^0	„	230^0	: 2627	„
„	230^0	„	320^0	: 3529	„
„	320^0	„	50^0	: 2851	„

Der unter Baily's Aufsicht bearbeitete und 1845 erschienene Sterncatalog der British Association, welcher beide Hemisphären umfasst, zeigt folgende Vertheilung der darin aufgeführten 8377 Sterne 1. bis 7,5. Grösse:

Rectascension	0^h	bis	4^h	: 1273	Sterne,
„	4^h	„	8^h	: 1446	„
„	8^h	„	12^h	: 1362	„
„	12^h	„	16^h	: 1274	„
„	16^h	„	20^h	: 1551	„
„	20^h	„	24^h	: 1471	„
	Total	.	.	8377	Sterne.

R. Wolf hat die Vertheilung der Sterne dieses Catalogs sehr genau untersucht und gibt davon folgende Tafel:

Digitized by Google

Rectascension	Declination													Summe
	+ 90°	+ 75°	+ 60°	+ 45°	+ 30°	+ 15°	0°	− 15°	− 30°	− 45°	− 60°	− 75°	− 90°	
0h		11	19	35	22	35	49	34	11	39	30	27	10	322
1		14	29	25	27	44	48	24	15	39	37	21	7	330
2		6	11	37	28	45	37	26	18	44	22	38	7	319
3		7	16	29	22	68	23	23	21	44	18	24	7	302
4		8	13	27	24	77	39	24	17	41	23	15	5	313
5		5	11	30	36	70	45	46	22	55	31	18	7	376
6		7	14	26	21	69	28	15	34	74	55	23	4	370
7		6	13	27	16	62	28	18	39	66	70	19	3	387
8		5	22	18	27	72	40	17	26	56	80	24	7	394
9		4	13	23	31	37	45	30	14	38	59	44	6	344
10		7	9	15	39	29	55	27	24	24	62	48	11	344
11		3	10	14	17	24	54	25	17	29	38	40	9	280
12		14	11	20	15	46	34	37	17	30	52	28	5	309
13		6	7	16	32	25	20	58	37	30	38	29	7	305
14		4	9	21	27	20	20	41	48	25	28	24	10	280
15		11	13	21	27	31	21	26	106	37	53	29	5	380
16		6	17	22	28	29	43	18	102	75	44	32	3	417
17		3	11	22	24	25	26	16	99	72	37	28	3	366
18		9	17	30	32	23	17	24	125	71	24	29	5	406
19		3	16	40	34	49	30	24	83	29	23	27	4	362
20		14	19	46	50	30	27	42	103	28	27	37	6	429
21		8	27	44	27	27	23	48	68	23	43	26	6	370
22		12	25	36	32	19	25	66	28	28	42	24	10	347
23		6	25	31	22	24	37	41	31	30	38	31	9	325
Summe		179	377	658	660	980	814	750	1103	1047	974	679	156	8377

R. Wolf leitet aus dieser tabellarischen Zusammenstellung ab: 1. dass der südliche Himmel weit sternreicher sei als der nördliche; 2. dass die beiden nördlich und südlich dem Aequator zunächst liegenden Zonen (trotz ihrer grössern Fläche) absolut sternärmer seien als die ihnen folgenden Zonen; 3. dass die Milchstrasse sich in dieser Sternansammlung noch nicht deutlich abzeichne, wenngleich sie allerdings, im Ganzen genommen, die reicheren Parthien durchziehe; sie sei also durch den Gehalt an grösseren Sternen (bis zur 6. und 7. Grösse) nicht besonders ausgezeichnet.

Die weitere Verfolgung dieses Gegenstandes wird weiter unten in einem besondern Capitel „über den Bau des Himmels“ stattfinden.

Digitized by Google

Die veränderlichen Sterne.

Die Veränderlichkeit des Sternenlichtes, eine Erscheinung, die geeignet ist, an der Hand spectralanalytischer Untersuchungen und der geläuterten Vorstellungen von der Bildungsgeschichte der Weltkörper, mit der Zeit zu überraschenden Schlüssen über die Zustände der Materie in den Tiefen der Himmelsräume zu leiten, war dem Alterthume und dem Mittelalter völlig unbekannt.

Die erste Wahrnehmung der Veränderlichkeit im Glanze eines Fixsterns machte David Fabricius, der am 13. August 1596 den Stern o Walfisch von der 3. Grösse beobachtete, aber im folgenden October sich vergeblich nach demselben umsah. Sieben Jahre später trug Johann Bayer in seine Uranometrie den Stern als 4. Grösse ein, aber erst Johann Phocylides Holwarda erkannte dessen periodische Veränderlichkeit, als er ihn im December 1638 von der 3. Grösse sah, ihn im folgenden Sommer vergebens suchte, aber am 7. November an dem alten Orte wiedererblickte. Dieser ersten Entdeckung eines veränderlichen Sternes reihte sich nach ungefähr 30 Jahren eine weitere an, indem 1667 Geminiano Montanari die Veränderlichkeit von β Perseus bemerkte, wenngleich freilich erst Goodricke 1782, also mehr als ein volles Jahrhundert später, den wahren Charakter dieser Variabilität ergründete. Der Entdeckung der Veränderlichkeit von χ Cygni durch Gottfried Kirch (1687) folgte diejenige von 30 Hydrae durch Maraldi, R Leonis (1780) durch Koch, R Coronae (1782) und R im Schilde (1784) durch Pigott, β der Leyer und δ Cephei (1784) durch Goodricke, η Adler (1795) wiederum durch Pigott, α Herculis (1795) durch W. Herschel und im Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts einer Anzahl von vier anderen Sternen durch Harding. Nach einer langen Pause von vielen Jahrzehnten waren es dann die fleissigen Arbeiten von Hind, Argelander, Schmidt, Heis, Baxendall und Anderen, durch welche die Anzahl der als sicher veränderlich bekannten Sterne rasch zunahm.

Nach der Art und Weise, wie sich für die Beobachtungen von der Erde aus der Lichtwechsel der veränderlichen Sterne darstellt, lassen sich

Digitized by Google

diese bei dem gegenwärtigen Zustande unseres Wissens in vier Classen unterscheiden.

1. Veränderliche ohne bestimmte Periode, wie z. B. ε Aurigae, dessen (sehr geringe) Veränderlichkeit zuerst die sorgfältigen Beobachtungen von Heis erwiesen.

2. Veränderliche von langer und sehr unregelmässiger Periode, wie z. B. R Coronae.

3. Veränderliche von mässiger und ziemlich regelmässiger Dauer des Lichtwechsels, wie z. B. β Lyrae, durch Argelander's umfassende Arbeiten wohl der in Bezug auf die Elemente der Veränderlichkeit zur Zeit am genauesten bekannte Fixstern.

4. Veränderliche, bei denen der Helligkeitswechsel nur auf wenige Stunden beschränkt erscheint, wie z. B. der am frühesten bekannte Veränderliche dieser Art: β Perseus. Die genaueren und anhaltenderen Beobachtungen der neuesten Zeit haben gelehrt, dass gerade aus dieser Classe von veränderlichen Sternen noch manche am Himmel vorhanden sind.

Die Beobachtungen der veränderlichen Sterne, wie sie besonders durch Argelander und seine Schüler ausgeführt worden sind, bestehen in Vergleichungen der Helligkeit mit benachbarten, ihr Licht nicht wechselnden Fixsternen. Wenngleich bei der hierbei angenommenen Bestimmungsweise der subjectiven Willkühr insofern ein gewisser Spielraum bleibt, als der geringste Helligkeitsunterschied, der noch mit Sicherheit aufgefasst werden kann und die Einheit (Stufe) bildet, gleichzeitig mit dem Beobachter, dem Zustande des Himmels und der fortschreitenden Uebung veränderlich ist: so hat doch die Erfahrung bewiesen, dass auf diesem Wege Resultate erlangt werden können, die nur wenig zu wünschen übrig lassen. Bei der Discussion der Beobachtungen befolgt Argelander das Princip, sämmtliche Schätzungen gewissermaassen in eine Lichtperiode zu concentriren und durch Ableitung von Mittelwerthen gleichzeitig die Fehler der einzelnen Beobachtungen und die (kleinen) Unregelmässigkeiten im Lichtwechsel selbst zu eliminiren. Dieses Verfahren, das gewiss bei Sternen von regelmässigem Lichtwechsel vor jedem andern den Vorzug verdient, ist hingegen nicht brauchbar bei Sternen von sehr unregelmässiger Veränderlichkeit. Hier verdient die Anschauung von Jul. Schmidt, dass die Beobachtungsfehler gegen die Unregelmässigkeiten der Erscheinung als zurücktretend zu betrachten sind, unbedingt den Vorzug; auch hat Heis bei der Untersuchung der Beobachtungen über o Walfisch das nämliche Princip befolgt und die Lichtcurven für die 13 von ihm (1840 bis 1858) beobachtete Erscheinungen dieses Sternes gesondert dargestellt, statt sie zu einer mittlern Curve zu vereinigen. Das Aufsuchen von Mittelwerthen kann auf dem Gebiete der Astronomie bisweilen ebenso zu naturwidrigen Resultaten leiten, wie dies Bestreben auf dem Gebiete der Meteorologie, vor Dove's Untersuchungen, zu irrthümlichen Anschauungen geraume Zeit hindurch geführt hat.

Digitized by Google

Der Willkührlichkeit, welche bis zur neuesten Zeit herab in der Bezeichnung sowohl als Aufzählung der veränderlichen Sterne geherrscht hat, ist gegenwärtig glücklich durch einen von E. Schönfeld und A. Winnecke ausgearbeiteten Normalcatalog für immer abgeholfen. Die beiden soeben genannten, um die Erforschung des Lichtwechsels der Fixsterne hochverdienten Astronomen, begleiten ihren Catalog mit den folgenden Erläuterungen.

„Veränderliche Sterne sollen mit den Sternbildern und in diesen mit lateinischen Buchstaben bezeichnet werden, und zwar, um eine Verwechselung mit den von Bayer 1603 eingeführten möglichst zu vermeiden, mit den grossen Buchstaben des grossen Alphabets von R an. Nicht berücksichtigt werden dabei einige der sogenannten Novae, für die das Bedürfniss neu einzuführender Bezeichnungen nicht vorliegt (Stern von 1604, 11 Vulpeculae) und diejenigen Sterne, welche schon in Bayer's Uranometrie eine Bezeichnung haben (o Ceti, g Herculis, B Cassiopeiae u. a.). Für den südlichen Himmel treten Lacaille's Bezeichnungen an die Stelle von Bayer; von Bode eingeführte Buchstaben werden nicht berücksichtigt. Die Reihenfolge der Buchstaben R, S, T u. s. w. soll die der Zeit der definitiven Constatirung der Veränderlichkeit sein." — „Nach den angeführten Grundsätzen müssten in dem Sternbilde der Jungfrau die Buchstaben S und V vertauscht werden, T und V Capricorni müssten T und S heissen, die Nomenclatur im Schützen müsste von V an gänzlich geändert werden u. dgl. m. In solchen Fällen wäre wohl eine Einigung auf Grund des strengen Princips noch möglich, und ebenso dürfte die zu Bonn beschlossene Anerkennung von Argelander's „Uranometria nova" als Autorität für die Umgrenzung der Sternbilder ähnliche Verwirrung, wie sie in den Sternbildern Aquila und Delphinus jetzt nur durch eine willkührliche Festsetzung entfernt werden kann, für die Folge unmöglich machen. Aber von Vortheil erscheint uns eine solche Aenderung nicht, da dennoch in anderen Fällen nicht abzusehen ist, wie eine solche Einigung erzielt werden soll. So datirt Baxendall (Astr. Nachr. Nr. 1529) die Entdeckung der Veränderlichkeit von S Vulpunlae aus dem Jahre 1837, während nach Schönfeld's Ansicht (Astr. Nachr. Nr. 1500 und 1629) die damaligen Grössenschätzungen nicht die hinreichende Beweiskraft besitzen, die Constatirung der Veränderlichkeit des Sternes vielmehr dem Jahre 1862 angehört und Herrn Baxendall selbst zuzuschreiben ist. Da also Willkühr in der Nomenclatur nicht zu vermeiden ist, so haben wir uns wenigstens bemüht, die vorhandenen Bezeichnungen möglichst zu sichern. Wo aber in verschiedenen Arbeiten verschiedene Namen gebraucht waren, haben wir für diese Priorität die Namengebung möglichst als maassgebend betrachtet." — „Auf diese Weise ist die Nomenclatur im Wesentlichen übereinstimmend mit der von Schönfeld (Catalog von veränderlichen Sternen im 32. Jahresberichte des Manheimer Vereins für Naturkunde) befolgten geworden. Nicht aufgenommen in das Verzeichniss sind die veränderlichen Sterne im

Digitized by Google

Orionnebel und Sterne, welche in die Kategorie von β ursae min., α, β, γ, δ ursae maj. u. s. w. gehören. Wir müssen jedoch dabei hervorheben, dass damit dem Urtheile der Astronomen über etwaige Schwankungen in der Helligkeit dieser Sterne nicht vorgegriffen werden soll, und dass besonders der Ausschluss der Sterne im Nebel des Orion nur ein vorläufiger ist. Wir halten für einzelne derselben nach den Beobachtungen zu Cambridge und Pulkowa die Veränderlichkeit für vollständig entschieden. Sie erfordern aber einestheils ein eingehenderes Studium, als wir ihnen zunächst widmen konnten, und anderntheils erscheint uns die Zählung derselben in dem grossen Sternbilde als S, T . . . Orionis nicht zweckmässig. Wir vertagen daher eine Bezeichnung derselben, bis sich für solche und ähnliche Specialfälle die Ansichten befestigt haben." Nicht aufgeführt in dem Schönfeld-Winnecke'schen Cataloge sind mehrere bis jetzt in ähnlichen Verzeichnissen figurirende Sterne, unter ihnen auch α Hydrae, welchen Stern die Verfasser in die Kategorie der Bärensterne versetzen zu müssen glaubten. Die Sterne U Piscium (AR : 0^h 36^m 50', D : + 6^0 30,7'), V Piscium (AR : 1^h 46^m 43', D: + 8^0 4,0') und U Bootis (AR : 14^h 34^m 9', D : + 28^0 5,3') sind ebenfalls ausgeschlossen, weil die früheren Beobachtungen, aus denen die Veränderlichkeit gefolgert wurde, nicht hinreichend sicher erschienen, um gegenwärtig diesen Schluss noch aufrecht zu erhalten.

„Die Elemente," fahren die Verfasser fort, „beruhen in der Mehrzahl der Fälle auf eigenen, grösstentheils noch nicht publicirten Beobachtungen und den darauf gegründeten Untersuchungen. Diese konnten jedoch in den wenigsten Fällen abgeschlossen werden. Viele Sterne sind erst seit wenigen Jahren bekannt, weshalb das Material noch dürftig ist; die Mehrzahl der länger beobachteten zeigt Ungleichheiten, deren Gesetz wir nicht kennen. Daher haben wir zunächst den Zweck verfolgt, für die nächsten Jahre die Vorausberechnung möglichst sicher zu machen, nicht aber für die Elemente die Werthe, wie sie sich aus der Gesammtheit der Beobachtungen ergeben, zu ermitteln. Aus demselben Grunde haben wir von den für mehrere Sterne abgeleiteten complicirteren Formeln zur Darstellung der Maxima und Minima abgesehen, und als Amplitude der Lichtänderung nur die beobachteten Extreme der Helligkeit gegeben. Die Epochen sind sämmtlich auf 1868 (resp. 1869) reducirt. — Das Verzeichniss ist abweichend von den bisherigen, alphabetisch nach den Sternbildern geordnet, wodurch, abgesehen von einzelnen Bequemlichkeiten beim Gebrauche, die Fortführung der richtigen Bezeichnungsweise in Zukunft erleichtert wird." (Vierteljahresschrift d. astr. Gesellschaft, Bd. III, S. 66 u. ff.).

Digitized by Google

Tafel der verän

Von E. Schönfeld

Stern		1855,0						Jährliche Aenderung	
		Rectascension			Declination			in Rectascension	in Declination
Andromeda	R	0h	16m	25s	+ 37°	46,4′		+ 3,14′	+ 0,33′
Aquarius	R	23	36	19	— 16	5,3		+ 3,11	+ 0,33
	S	22	49	20	— 21	7,0		+ 3,23	+ 0,32
	T	20	42	17	— 5	40,9		+ 3,17	+ 0,22
Aquila	η	19	45	5	+ 0	38,2		+ 3,06	+ 0,15
	R	18	59	23	+ 8	0,8		+ 2,89	+ 0,09
	S	20	4	57	+ 15	11,5		+ 2,76	+ 0,17
	T	18	38	47	+ 8	35,7		+ 2,88	+ 0,06
Argo	η	10	39	27	— 58	55,4		+ 2,31	— 0,31
Aries	R	2	7	53	+ 24	22,9		+ 3,39	+ 0,28
	S	1	56	51	+ 11	49,7		+ 3,21	+ 0,29
Auriga	ε	4	51	34	+ 43	36,2		+ 4,29	+ 0,10
	R	5	5	36	+ 53	25,0		+ 4,82	+ 0,08
Bootes	R	14	30	48	+ 27	22,1		+ 2,65	— 0,26
	S	14	18	1	+ 54	28,3		+ 2,01	— 0,28
	T	14	7	18	+ 19	44,7		+ 2,81	— 0,28
Camelopard	R	14	28	54	+ 84	29,2		— 5,31	— 0,27
Cancer	R	8	8	34	+ 12	10,1		+ 3,32	— 0,18
	S	8	35	39	+ 19	33,2		+ 3,44	— 0,21
	T	8	48	23	+ 20	24,1		+ 3,44	— 0,22
	U	8	27	28	+ 19	23,5		+ 3,45	— 0,20
Canis minor	R	7	0	44	+ 10	15,0		+ 3,30	— 0,09
	S	7	24	51	+ 8	37,4		+ 3,26	— 0,12
	T	7	25	56	+ 12	3,0		+ 3,34	— 0,12
Capricornus	R	20	3	10	— 14	41,6		+ 3,37	+ 0,17
	T	21	14	0	— 15	46,4		+ 3,32	+ 0,25
	U	20	40	4	— 15	18,8		+ 3,35	+ 0,22
Cassiopeia	α	0	32	18	+ 55	44,5		+ 3,36	+ 0,33
	B	0	16	47	+ 63	20,6		+ 3,27	+ 0,33
	R	23	51	4	+ 50	34,9		+ 3,01	+ 0,33
	S	1	9	4	+ 71	50,8		+ 4,30	+ 0,32
Cepheus	δ	22	23	48	+ 57	40,4		+ 2,21	+ 0,31
	μ	21	39	4	+ 58	7,0		+ 1,83	+ 0,27
	R	20	34	37	+ 88	41,0		— 42	+ 0,21
	S	21	36	57	+ 77	58,2		— 0,60	+ 0,27
Cetus	o	2	12	1	— 3	38,3		+ 3,02	+ 0,28
	R	2	18	38	— 0	50,1		+ 3,06	+ 0,28
Coma	R	11	56	49	+ 19	35,4		+ 3,08	— 0,33
Corona	R	15	42	36	+ 28	36,3		+ 2,47	— 0,19
	S	15	15	29	+ 31	53,5		+ 2,44	— 0,22
	T	15	53	26	+ 26	20,1		+ 2,51	— 0,18
Corvus	R	12	12	8	— 18	26,9		+ 3,09	— 0,33

Digitized by Google

erlichen Sterne.

id A. Winnecke.

Grösse		Epoche	Periode	Bemerkungen.
laximum	Minimum			
6,3m	< 12,5m	März 18.	404d	
5,8	< 10,5	Februar 13.	388	
7,7	< 11	Mai 8.	279,35	
7,0	13	Juli 25.	203	
3,5	4,7	Juli 3 7h 11m	7d 4h 14m 4s	Juni 30. 22h 11m Min.
6,7	11	Januar 30.	349,5	Juli Mitte. Min.
8,9	11	Juni 24.	148	Minimum.
8,8	9,7	?	?	
1	6	—	—	Irregulär.
7,5	12,5	Septbr. 8.	186,0	December 10. Min.
10	< 13	?	?	Astr. Nachr. 1540.
3,5	4,5	—	—	Irregulär.
6,6	12,7	1869 März 29.	467,3	
6,8	12,5	October 19.	222,53	Juli 10. Min.
8	13,2	Juli 11.	272,8	
9,7	< 13	?	?	Nur eine Erscheinung bekannt.
7,2	12,5	December 3.	265,7	
6,3	< 12	October 3.	353,6	Periode abnehmend?
8,2	10,2	Jan. 11 9h 7m	9d 11h 37m,8	
8	11	Februar	485	August 11. Min.
8,2	< 13,5	Mai 14.	306	
7	10	April 30.	333	November 23. Min.
7,2	< 11	Novembr. 11.	334,85	
9,5	< 13	?	?	
9	< 13	Juni 22.	348	
9	< 13	Mai 7.	269,5	
10	< 12	November 3.	204	
2,2	2,8	—	—	Irregulär.
—	—	—	—	Nova 1572.
4,8	< 12	August 26.	428,9	
7,5	< 13	Mai 2.	615	
3,7	4,9	Juli 4 0h 30m	5d 8h 47m 40s	Juli 2. 9h 54m Min.
4	5	—	—	Irregulär.
> 6?	< 9,5	—	—	Irregulär.
8,2	11,5	November 1.	491	Minimum.
1,7	9,5	October 27,3.	331,3363d	Wahres Max. = Mittl. Spt. 18,14
8,3	< 12,5	Juli 11.	167,0	− 2,14 + 11,53 + 32,62 − 2,88.
7,3	< 13,5	August 28.	359	
6,0	13	—	—	Irregulär.
6,5	11,8	Juli 20.	361,0d	
2	9	—	—	Nova 1866.
H 7,5	< 11	Mai 8.	299	

Digitized by Google

Tafel der verä

Von E. Schönfe

Stern		1855,0						Jährliche Aenderung	
		Rectascension			Declination			in Rectascension	in Declinat
Crater	R	10h	53m	26s	—	17°	32,8′	+ 2,95′	— 0,2
Cygnus	χ	19	45	0	+	32	33,0	+ 2,31	+ 0,1
	P	20	12	27	+	37	35,1	+ 2,21	+ 0,1
	R	19	32	56	+	49	52,5	+ 1,61	+ 0,1
	S	20	2	28	+	57	34,2	+ 1,26	+ 0,1
	T	20	41	24	+	33	50,6	+ 2,39	+ 0,2
Delphinus	R	20	7	55	+	8	39,1	+ 2,90	+ 0,1
	S	20	36	24	+	16	34,2	+ 2,76	+ 0,2
	T	20	38	38	+	15	52,5	+ 2,78	+ 0,2
Gemini	ζ	6	55	30	+	20	46,7	+ 3,56	— 0,0
	R	6	58	37	+	22	55,4	+ 3,62	— 0,0
	S	7	34	20	+	23	47,2	+ 3,61	— 0,1
	T	7	40	36	+	24	5,5	+ 3,61	— 0,1
	U	7	46	30	+	22	22,7	+ 3,56	— 0,1
Hercules	α	17	8	2	+	14	33,5	+ 2,73	— 0,0
	g	16	23	53	+	42	12,2	+ 1,97	— 0,1
	R	15	59	43	+	18	45,9	+ 2,68	— 0,1
	S	16	45	18	+	15	11,4	+ 2,78	— 0,1
	T	18	3	37	+	30	59,9	+ 2,27	+ 0,0
	U	16	19	23	+	19	13,6	+ 2,65	— 0,1
Hydra	R	13	21	48	—	22	31,8	+ 3,27	— 0,3
	S	8	46	0	+	3	36,8	+ 3,13	— 0,2
	T	8	48	37	—	8	35,4	+ 2,92	— 0,2
Leo	R	9	39	45	+	12	5,9	+ 3,23	— 0,2
	S	11	3	21	+	6	14,9	+ 3,11	— 0,2
	T	11	31	0	+	4	10,5	+ 3,08	— 0,3
Leo minor	R	9	36	52	+	35	10,6	+ 3,62	— 0,2
Lepus	R	4	53	0	—	15	1,7	+ 2,73	+ 0,1
Libra	δ	14	53	14	—	7	56,4	+ 3,20	— 0,2
	R	15	45	24		15	48,1	+ 3,39	— 0,1
Lyra	β	18	44	44	+	33	11,8	+ 2,21	+ 0,0
	R	18	50	55	+	43	45,5	+ 1,83	+ 0,0
Monoceros	R	6	31	15	+	8	51,7	+ 3,28	— 0,0
	S	6	33	0	+	10	1,5	+ 3,31	— 0,0
Ophiuchus	R	16	59	27	—	15	53,7	+ 3,44	— 0,0
	S	16	25	55	—	16	51,1	+ 3,44	— 0,1
	T	16	25	27	—	15	49,2	+ 3,42	— 0,1
	—	16	51	23	—	12	40,0	+ 3,36	— 0,1
Orion	α	5	47	19	+	7	22,6	+ 3,25	+ 0,0
	δ	5	24	36	—	0	24,6	+ 3,06	+ 0,0
	R	4	51	8	+	7	54,4	+ 3,25	+ 0,1
Pegasus	β	22	56	45	+	27	17,8	+ 2,90	+ 0,3
	R	22	59	22	+	9	45,7	+ 3,01	+ 0,3
	T	22	1	49	+	11	49,9	+ 2,93	+ 0,2

Digitized by Google

erlichen Sterne.

id A. Winnecke.

Grösse		Epoche	Periode	Bemerkungen
laximum	Minimum			
< 8m	< 9m	?	?	
4	13	März 15.	406,12d	
3	< 6	—	—	Nova 1600.
6,2	13	October 6.	425,0	
8,8	< 13	März 5.	323,3	
5	6	—	—	Irregulär?
7,8	< 12,5	Septembr. 29.	283	
8	11	April 27.	278	October 28. Min.
8,4	< 13	Mai 10.	333	
3,7	4,5	Juli 8. 12h 30m	10d 3h 47m 36s	
6,8	12,3	Februar 26.	371,0	
8,7	< 13,5	April 2.	294,3	
8,1	< 13	August 26.	287,95	
8,7	13	Septembr. 23.	97,3	
3,1	3,9	—	—	Irregulär.
4,9	6,2	—	—	Irregulär.
7,8	< 13	März 13.	319	Zunehmende Periode?
6,3	12,5	Juni 5.	301,5	October 30. Min.
7,5	12,1	August 24.	165,13	Juni 7. Min.
7,0	< 11,2	September 6.	409	
4	11	1869 März 9.	448	1868 August 14. Min.
7,5	< 12	Mai 3.	255,5	
7,0	< 12,5	Juni 10.	289,2	
5,3	10	August 9.	312,56	März 7. Min.
9	< 13,5	Septembr. 27.	190	
10	< 13	—	—	Astr. Nachr. 1540.
6,2	< 11	März 7.	369,4	
6	9	December 31.	439	Mai 15. Min.
4,9	6,0	Juni 30. 9h 43m 9s	2d 7h 51m 19s	
9,2	< 13	März 31.	723	Minimum.
3,5	4,5	Jan. 9. 4h 22m	12d 21h 51m 0s	Hauptminimum.
4,3	4,6	?	46	
9,5	11,5	October 31.	204,0	Minimum.
4,9	5,6	März 14,4	3d 10h 48m	März 12,8. Min.
8	< 12	April 18.	302,5	
9,0	< 12,5	Mai 15.	233,7	
10?	< 12	—	—	Nur eine Erscheinung bekannt.
5,5	< 11	—	—	Nova 1848.
1	1,4	—	—	Irregulär.
2,2	2,7	—	—	Irregulär.
9	< 13	October 11.	381	
2,2	2,7	—	—	Irregulär.
7	< 11	August 6.	379,5	
9,1	< 12	October 30.	364	

Digitized by Google

Tafel der verä

Von E. Schönfel

Stern		1855,0 Rectascension			1855,0 Declination			Jährliche Aenderung in Rectascension	Jährliche Aenderung in Declinatio
Perseus	β	2h	58m	45′	+ 40°	23,6′		+ 3,87′	+ 0,24′
	ϱ	2	55	54	+ 38	16,5		+ 3,81	+ 0,24
	R	3	20	50	+ 35	10,1		+ 3,79	+ 0,21
Pisces	R	1	23	10	+ 2	7,9		+ 3,09	+ 0,31
	S	1	10	0	+ 8	9,9		+ 3,12	+ 0,32
	T	0	24	29	+ 13	48,0		+ 3,11	+ 0,33
Sagitta	R	20	7	27	+ 16	17,4		+ 2,74	+ 0,18
Sagittarius	R	19	8	11	— 19	33,5		+ 3,52	+ 0,10
	S	19	10	57	— 19	17,1		+ 3,51	+ 0,10
	T	19	7	52	— 17	13,2		+ 3,46	+ 0,10
	U	18	23	21	— 19	13,3		+ 3,53	+ 0,08
	V	18	22	54	— 18	21,5		+ 3,51	+ 0,03
	W	17	55	45	— 29	34,9		+ 3,83	— 0,01
	X	17	38	26	— 27	46,2		+ 3,77	— 0,03
Scorpius	R	16	9	1	— 22	35,0		+ 3,56	— 0,16
	S	16	9	2	— 22	31,9		+ 3,56	— 0,16
	T	16	8	25	— 22	36,7		+ 3,56	— 0,16
	U	16	14	7	— 17	32,3		+ 3,44	— 0,15
Scutum	R	18	39	45	— 5	51,4		+ 3,21	+ 0,06
Serpens	R	15	44	1	+ 15	34,6		+ 2,76	— 0,19
	S	15	14	52	+ 14	50,3		+ 2,81	— 0,22
	T	18	21	44	+ 6	12,5		+ 2,93	+ 0,03
Serpentarius		17	21	57	— 21	21,2		+ 3,59	— 0,06
Taurus	λ	3	52	39	+ 12	4,6		+ 3,31	+ 0,18
	R	4	20	21	+ 9	50,1		+ 3,28	+ 0,14
	S	4	21	16	+ 9	37,3		+ 3,28	+ 0,14
	T	4	13	33	+ 19	11,3		+ 3,49	+ 0,15
	U	4	13	22	+ 19	28,0		+ 3,49	+ 0,15
Ursa major	R	10	34	19	+ 69	32,1		+ 4,38	— 0,31
	S	12	37	35	+ 61	53,3		+ 2,66	— 0,33
	T	12	29	47	+ 60	17,2		+ 2,77	— 0,33
Virgo	R	12	31	9	+ 7	47,2		+ 3,05	— 0,33
	S	13	25	26	— 6	26,8		+ 3,13	— 0,31
	T	12	7	10	— 5	13,8		+ 3,08	— 0,33
	U	12	43	45	+ 6	20,6		+ 3,04	— 0,33
	V	13	20	19	— 2	25,2		+ 3,09	— 0,31
	W	13	18	33	— 2	37,4		+ 3,09	— 0,31
Vulpecula	11	19	41	37	+ 26	57,7		+ 2,46	+ 0,14
	R	20	57	56	+ 23	14,9		+ 2,66	+ 0,23
	S	19	42	27	+ 26	55,7		+ 2,46	+ 0,15

Digitized by Google

erlichen Sterne.

ıd A. Winnecke.

Grösse		Epoche	Periode	Bemerkungen
laximum	Minimum			
2,3m	4,0m	Juli 1. 2h 43m 9s	2d 20h 48m 54s	Minimum.
3,4	4,0	—	—	Irregulär.
8,0	12,6	Juli 30.	206,8	
7,4	11,8	October 23.	345	
8,8	< 13,5	März 25.	406,7	
9,5	11,0	Juni 7?	146,5	Aug. 28? Min. Irregulär.
8,3	10,0	Juli 7.	70,49	Hauptminimum.
7	< 12	Septembr. 29.	269,8	
9,8	< 12,5	?	?	
7,6	< 11	August.	348 ±	
7,5?	9?	Juli 8. 23h 48m	6d 17h 51m 12s	Juli 6. 7h 12m Min.
7	< 10	April 30.	316	
5	6,5	Juli 3. 21h 10m	7d 14h 8m 35s	Juni 30. 12h 20m Min.
4	6	Juli 6. 18h 29m	7d 0h 25m 34s	Juli 3. 23h 47m Min.
9	< 12,5	Septembr. 21.	220,5	
9,3	< 12,5	Mai 19.	177	
7	< 10	—	—	Nova 1860.
9?	< 13?	?	?	Nur eine Erscheinung bekannt.
4,7	9	August 16.	71,7	Minimum.
5,7	< 11	Mai 7.	356	
7,6	< 12	Februar 20.	360	
10,5	< 13	October 27.	340,5	
—	—	—	—	Nova 1604.
3,4	4,3	Juli 7. 0h 13m	3d 22h 52m 4s	Minimum.
7,8	< 13,5	August 7.	326,3	
9,9	< 13,5	Juni 6.	378,5	
9	12	?	?	
9	10	?	?	
6	12	December 20.	302,3	
7,8	10,9	Juni 2.	224,8	September 27. Min.
6,5	< 13	Juli 15.	256	
6,5	10,7	Juni 4.	145,80	August 18. Min.
6	< 11	Juni 21.	373,6	
8	< 12,5	Septembr. 16.	336	
7,5	12,7	October 10.	207,8	Juli 5. Min.
7,5	< 13	Mai 8.	252	
8,8	10,4	Juni 19,0.	17,276	Juni 10,8. Min.
3	?	—	—	Nova 1670.
7,5	13	October 2.	138	August 9. Min.
8,7	9,5	Juli 22.	68,01	Juni 21. Min.

Digitized by Google

Es verbleibt noch, im Anschlusse an die vorstehende Tafel, etwas näher auf einzelne merkwürdige Veränderliche einzugehen, wobei besonders Argelander's umfassende „Beobachtungen und Rechnungen über veränderliche Sterne“ (Astr. Beob. auf der Kgl. Sternw. zu Bonn, Bd. 7. 1869) maassgebend erscheinen.

o Ceti (Mira, der Wunderbare). Die fleissigsten Beobachter nach der Entdeckung der Veränderlichkeit waren Hevel und besonders H. Kirch. Den ersten nahe richtigen Werth für die Periodendauer gab Bullialdus 1667, indem er dieselbe aus Beobachtungen von 1638 bis 1660 zu 333 Tagen feststellte. Joh. Dom. Cassini kam zu demselben Werthe, aber Herschel gab 1792 die Periode zu 331 Tagen an. Die Beobachtungen von Goodricke, Pigott, Harding, Koch u. A. haben die Unregelmässigkeiten im Lichtwechsel dieses Sternes ausser Zweifel gesetzt; aber erst die andauernde Aufmerksamkeit, welche Argelander und Heis diesem Veränderlichen widmeten, hat unsere Vorstellungen in dieser Hinsicht präcisirt. Argelander findet die mittlere Periodendauer zu 333,3363 Tagen und gibt folgende complicirte Formel zur Darstellung der Zeiten der Maxima:

$$1751\ \text{Sept.}\ 9{,}76 + 331{,}3363^d\, E + 10{,}5^d \sin\left(\frac{360^0}{11} E + 86^0\ 23'\right) + 18{,}2^d \sin\left(\frac{45^0}{11} E + 231^0\ 42'\right) + 33{,}9^d \sin\left(\frac{45^0}{22} E + 170^0\ 19'\right) + 65{,}3^d \sin\left(\frac{15^0}{11} E + 6^0\ 37'\right).$$

Diese Formel ist übrigens weit davon entfernt, die Maximalzeiten scharf darzustellen, wie folgende Vergleichung mit den Beobachtungen von Heis ergibt.

Zeit des grössten Lichtes von o Ceti.

Nach den Beobachtungen von Heis.	Nach Argelander's Formel.	Differenz.
1840. September 29.	1840. September 9.	+ 20 Tage.
1841. August 27.	1841. August 9.	+ 18 „
1842. Juli 24.	1842. Juli 7.	+ 17 „
1846. December 20.	1846. December 31.	— 11 „
1847. November 16.	1847. December 1.	— 5 „
1848. October 12.	1848. November 2.	— 1 „
1849. October 4.	1849. October 6.	— 2 „
1850. September 6.	1850. September 7.	— 1 „
1851. Juli 31.	1851. August 7.	— 7 „
1856. Februar 5.	1856. Januar 31.	+ 5 „
1857. Januar 18.	1857. December 29.	+ 20 „
1857. December 28.	1857. November 29.	+ 29 „
1858. November 3.	1858. November 2.	+ 1 „

Digitized by Google

Auch die früheren Beobachtungen zeigen analoge Abweichungen und es ist mehr als wahrscheinlich, dass sich diese durch keine Formel genau wiedergeben lassen. Die Ursachen, welche die Unregelmässigkeiten in der Periodendauer von o Ceti hervorrufen, sind vielleicht gleichzeitig dieselben, welche auch die ungleiche Helligkeit dieses Sternes in den einzelnen Maximis bedingen. Diese Unregelmässigkeit ist so bedeutend, dass der Stern bisweilen im grössten Lichte bloss die 4. Helligkeitsclasse erreicht, bisweilen aber auch, wie in der glänzenden Erscheinung von 1779, bis zur Helligkeit eines Sternes 1,2. Grösse anwächst. Nach Argelander ist die mittlere Helligkeit des Maximums $1^1/_2$ Stufen grösser als jene von γ Ceti; Heis fand dieselbe im Mittel der oben angeführten Erscheinungen um zwei Stufen grösser. Bezeichnet man die Helligkeit von γ Ceti mit 31, so hat Mira in den Maximis von 1840 bis 1858 nach Heis im Mittel die Helligkeit 33,2 erlangt. Die Abweichungen von diesem mittlern grössten Glanze gibt für die einzelnen Erscheinungen folgende Tafel.

Zeit des Maximums	Helligkeit in Graden	Abweichung vom Mittel
1840. September 29.	32	— 1,2
1841. August 27.	32	— 1,2
1842. Juli 24.	36,5	+ 3,3
1846. December 20.	41	+ 7,8
1847. November 16.	23	— 10,2
1848. October 12.	34	+ 0,8
1849. October 4.	28,5	— 4,7
1850. September 6.	34	+ 0,8
1851. Juli 31.	25,5	— 7,7
1856. Februar 5.	38	+ 4,8
1857. Januar 18.	34,5	+ 1,3
1857. December 28.	38	+ 4,8
1858. November 3.	34	+ 0,8

Argelander wagt in seinen neueren Untersuchungen kein Urtheil darüber, ob in der verschiedenen Helligkeit der einzelnen Maxima eine periodische Wiederkehr sich offenbare, doch findet er Andeutungen einer 40jährigen Periode. Heis hat schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass in den grössten Helligkeiten sehr oft ein Alterniren stattfindet, der Art, dass helle und schwache Maxima mit einander abwechseln.

Die mittlere Dauer der Sichtbarkeit von o Ceti beträgt nach den Beobachtungen von Heis vier Monate; die mittlere Zeitdauer, innerhalb welcher der Stern von der Sichtbarkeit für das blosse Auge bis zum Maximum seines Glanzes aufsteigt, beträgt (1847 bis 1859, nach Heis) 42,7 Tage;

Digitized by Google

die mittlere Dauer vom Maximum bis zum Verschwinden für das blosse Auge (ebenfalls 1847 bis 1859, nach Heis) 73,7 Tage.

β Lyrae. Dieser Stern ist besonders merkwürdig dadurch, dass er im Verlaufe einer Periode seines Lichtwechsels zwei Maxima und Minima der Helligkeit aufweist. Die ausgezeichneten Untersuchungen Argelander's haben uns die Helligkeitselemente desselben mit ganz besonderer Schärfe kennen gelehrt. (Argel. De stella β Lyrae variabili Com. alt.). Hiernach nimmt die Periodendauer langsam zu. Die nachfolgenden Werthe geben nach Argelander die Epochen des kleinsten Lichtes und die Länge der Veränderlichkeitsperiode für die beigesetzten Zeiten (mittlere Bonner Uhrzeit):

1784. October	19.	2^h	42^m	57,6′	Periodendauer:	12 Tage	21^h	24^m	11,025′
1818. April	10.	11	15	7,3	„	12 „	21	35	56,070
1827. April	13.	5	24	15,6	„	12 „	21	38	51,964
1855. Januar	6.	14	57	4,9	„	12 „	21	47	16,837

Die Zunahme der Periode zwischen 1784 und 1855 beträgt für jeden Turnus des Lichtwechsels im Mittel 0,7′. Man kann sie durch eine relative Eigenbewegung dieses Sternes von 0,27 Meilen, um welche sich derselbe in jeder Secunde in der Richtung unserer Gesichtslinie von der Erde entfernt, erklären. In diesem Falle braucht das Licht nach Ablauf von je 12 Tagen 22^h, stets 0,7′ mehr, um die vergrösserte Entfernung zu durchlaufen.

Argelander hat eine umfassende Tafel der Helligkeit von β Lyrae in den einzelnen Stadien seiner periodischen Veränderlichkeit geliefert. Die nachfolgende Tabelle ist ein Auszug aus derselben. Die Helligkeit ist in Stufen ausgedrückt, der Art, dass der Glanz von $\varkappa$ Lyrae 2,6, jener von γ Lyrae 12,7 Stufen beträgt.

Digitized by Google

Tafel des Lichtwechsels von β Lyrae, ausgedrückt in Stufen.
(Nach Argelander.)

Zeit nach dem Minimum	Helligkeit	Zeit nach dem Minimum	Helligkeit
0 Tage 0 Stunden	3,35	6 Tage 12 Stunden	8,56
4 „	3,41	16 „	8,69
8 „	3,69	20 „	8,95
12 „	4,65	7 Tage 0 „	9,38
16 „	6,28	4 „	9,86
20 „	7,68	8 „	10,32
1 Tag 0 „	8,81	12 „	10,70
4 „	9,68	16 „	11,03
8 „	10,37	20 „	11,32
12 „	10,85	8 Tage 0 „	11,55
16 „	11,18	4 „	11,74
20 „	11,45	8 „	11,89
2 Tage 0 „	11,66	12 „	12,02
4 „	11,84	16 „	12,12
8 „	11,99	20 „	12,20
12 „	12,10	9 Tage 0 „	12,27
16 „	12,19	4 „	12,32
20 „	12,25	8 „	12,35
3 Tage 0 „	12,26	12 „	12,36
4 „	12,26	16 „	12,35
8 „	12,24	20 „	12,32
12 „	12,21	10 Tage 0 „	12,27
16 „	12,16	4 „	12,19
20 „	12,08	8 „	12,09
4 Tage 0 „	11,98	12 „	11,96
4 „	11,86	16 „	11,82
8 „	11,72	20 „	11,64
12 „	11,56	11 Tage 0 „	11,43
16 „	11,38	4 „	11,16
20 „	11,19	8 „	10,83
5 Tage 0 „	10,96	12 „	10,35
4 „	10,71	16 „	9,58
8 „	10,40	20 „	8,41
12 „	10,00	12 Tage 0 „	6,75
16 „	9,51	4 „	5,11
20 „	9,02	8 „	4,15
6 Tage 0 „	8,71	12 „	3,67
4 „	8,58	16 „	3,44
8 „	8,54	20 „	3,35

Digitized by Google

Das erste Maximum tritt nach Argelander 3 Tage 2^h nach dem Hauptminimum ein, das zweite Minimum erfolgt 6 Tage 9 Stunden und das Hauptmaximum 9 Tage 12^h nach dem Hauptminimum. Uebrigens treten nicht selten kleine Unregelmässigkeiten im Lichtwechsel ein, die jedoch nicht leicht über eine Stufe steigen.

Ich habe in den Jahren 1861 bis 1863 photometrische Messungen von β Lyrae ausgeführt. Nimmt man die Lichtmenge von γ Lyrae zur Einheit, so gibt die folgende Tafel die wahren Helligkeitsverhältnisse des Veränderlichen zu den beigegebenen Zeiten nach dem ersten Minimum.

Zeit nach dem Minimum	Helligkeit von β Lyrae	Zeit nach dem Minimum	Helligkeit von β Lyrae
0 Tag 6,2 Stunden	0,431	6 Tage 16,1 Stunden	0,596
0 „ 23,5 „	0,569	7 „ 11,0 „	0,641
1 „ 15,3 „	0,689	8 „ 1,5 „	0,707
2 Tage 6,8 „	0,769	8 „ 18,9 „	0,858
2 „ 23,6 „	0,844	9 „ 9,6 „	0,872
3 „ 14,3 „	0,825	10 „ 2,3 „	0,892
4 „ 4,1 „	0,730	10 „ 17,0 „	0,886
4 „ 19,8 „	0,699	11 „ 6,0 „	0,769
5 „ 15,9 „	0,626	11 „ 23,1 „	0,566
6 „ 6,9 „	0,560	12 „ 15,9 „	0,426

Die Helligkeit des Hauptminimums ergibt sich aus diesen Messungen $= 0{,}400 \pm 0{,}027$ von jener des Sternes γ Lyrae, die Helligkeit des ersten Maximums $= 0{,}830 \pm 0{,}0098$, jene des zweiten Minimums $= 0{,}579 \pm 0{,}001$ und die des zweiten Maximums endlich $= 0{,}8908 \pm 0{,}0020$. Merkwürdig ist der Umstand, dass in meinen Messungen das zweite Maximum gegen Argelander's Tafel eine die Beobachtungsfehler weit übersteigende Verspätung zeigt. Die genauere Untersuchung ergibt, dass es 10 Tage $12{,}1^h$ nach dem Hauptminimum eintritt, also gerade einen ganzen Tag später, als aus den von Argelander berechneten Beobachtungen folgt. (Vergl. Wochenschrift f. Astron. 1866).

η Aquilae. Der Lichtwechsel dieses Sternes ist äusserst regelmässig, aber die Periode scheint langsam zuzunehmen. Zählt man von dem Minimum 1840 Juli 8 die Perioden ab, so findet Argelander für die Periode 484 (Anfangs 1850) die Periodendauer zu $7^d\ 4^h\ 14^m\ 11{,}10^s$. Früher war sie etwas kürzer, und Schönfeld's Beobachtungen in den Jahren 1855, 1856 und 1857 deuten wiederum auf eine Verlängerung.

Digitized by Google

ebenso meine Rechnungen, die sich auf die Beobachtungen von Oudemans, Schmidt und meine eigenen stützen.

β Persei oder Algol. Geminiano Montanari bemerkte die Veränderlichkeit dieses Sternes zuerst im Jahre 1667 und berichtete darüber in seiner kleinen, gegen 1672 erschienenen Schrift „Sopra la sparizione d'alcune stelle et altre novitá celesti;" seine Angaben sind indess für eine Berechnung nicht zu brauchen, da er die Tage nicht bezeichnet, an denen er den Stern von der 4. Grösse erblickte. Auch Maraldi, der den Lichtwechsel im Jahre 1694 beobachtete, dachte nicht daran, dass derselbe in regelmässiger und kurzer Periode erfolge. Diese Entdeckung gebührt vielmehr Goodricke und gehört in das Jahr 1782. Die Seltsamkeit der Lichtveränderung, die sich bloss auf einen Zeitraum von 8 bis 9 Stunden beschränkt, während der Stern 2 Tage 12 Stunden hindurch in ungestörtem Glanze leuchtet, erweckte bei den Beobachtern ein besonderes Interesse und Pigott, Herschel, Englefield, Lalande, Wurm u. A. haben gegen Ende des vorigen Jahrhunderts eine grosse Anzahl guter Beobachtungen angestellt, so dass Wurm auf Grund einer genauern Untersuchung, besondere Ephemeriden für den Lichtwechsel Algol's berechnen konnte.

Aus den genauen und umfassenden Untersuchungen Argelander's ergiebt sich, dass die Dauer der Periode langsam abnimmt. Geht man von dem Minimum 1800 Januar 1 als der 0ten Epoche aus, so findet Argelander die Periodendauer für die

Epoche	— 1987 (im Jahre 1784):	2 Tage 20^h 48^m 59,42'	$\pm$ 0,316'
„	— 1406 (Ende 1788) :	58,76	$\pm$ 0,094
„	— 825 (im Jahre 1793):	58,39	$\pm$ 0,175
„	+ 840 (im Jahre 1806):	58,39	$\pm$ 0,039
„	+ 2505 (im Jahre 1819):	58,28	$\pm$ 0,127
„	+ 3864 (im Jahre 1830):	58,26	$\pm$ 0,060
„	+ 5222 (Ende 1840) :	58,03	$\pm$ 0,325
„	+ 6964 (im Jahre 1855):	52,41	$\pm$ 0,200
„	+ 7358 (im Jahre 1857):	53,15	$\pm$ 0,300
„	+ 7954 (im Jahre 1862):	53,81	$\pm$ 0,142

Die Periode ist also bis zum Jahre 1840 sehr nahe constant gewesen, hat dann bis etwa gegen 1855 abgenommen und nimmt seitdem langsam wieder zu.

Was den Gang des Lichtwechsels betrifft, so haben darüber neuerdings die ausgezeichneten Untersuchungen von Schönfeld (im 36. Jahresberichte des Mannheimer Vereins für Naturkunde. 1870) werthvolle Aufschlüsse gegeben. Wird die Helligkeit von ν Persei durch 0,9, jene von γ Andromedae durch 23,4 (Stufen) bezeichnet, so findet Schönfeld aus seinen Beobachtungen (zwischen 1859 Juli 17 und 1870 März 31) folgende

Digitized by Google

Lichtcurve von Algol.

Zeit bis zum Minimum	Helligkeit vorher	Helligkeit nachher
4h 30m	20,70	20,75
15	20,50	20,56
4 0	20,24	20,23
3 45	19,94	19,76
30	19,59	19,19
15	19,18	18,50
3 0	18,68	17,71
2 45	18,06	16,81
30	17,35	15,78
15	16,45	14,60
2 0	15,28	13,17
1 45	13,83	11,45
30	12,05	9,81
15	10,18	8,55
1 0	8,48	7,60
0 45	7,15	6,83
30	6,26	6,20
15	5,88	5,73
0 0	5,56	5,56

Der gelehrte Director der Mannheimer Sternwarte bemerkt zu dieser Tafel: „Die Zeitdauer der Veränderlichkeit innerhalb der Periode beträgt jedenfalls mehr als 8 Stunden, ihr wahrscheinlichster Werth ist $9^1/_4$ Stunden und das Minimum liegt nahe in der Mitte derselben. Es geschieht aber die Abnahme in den grösseren Abständen vom Minimum langsamer als die Zunahme in den symmetrisch liegenden Theilen, in den geringeren rascher. Daher entsprechen im Allgemeinen den Zeiten vor dem Minimum grössere Helligkeiten, als den gleichen nach demselben. Die stärkste Abnahme findet 1^h 26m vor dem Minimum statt, wenn der Stern etwas schwächer als das Mittel von γ und ε Persei geworden ist, die stärkste Zunahme in sehr nahe derselben Helligkeit, aber 1^h 47m nach dem Minimum". Schwankungen in der Minimalhelligkeit des Sternes zeigen sich in den Beobachtungen durchaus nicht und letztere lassen sich unter der Annahme eines nahezu gleichmässigen Lichtwechsels völlig darstellen, so dass die früheren Vermuthungen von Verzögerungen, Stillständen etc. während der Ab- und Zunahme des Lichtes sich nicht bestätigt finden.

Digitized by Google

δ Cephei, ein Stern von besonderer Regelmässigkeit der Periodendauer. Nachdem Goodricke in einem Briefe an Maskelyne (in den Philos. Transact. 1786) von der Entdeckung der Veränderlichkeit Nachricht gegeben und er nebst Pigott den Stern eine Zeit lang beobachtet hatte, wurde derelbe ganz vernachlässigt. Erst Westphal nahm die Beobachtungen wieder auf, allein seine Observationen dieses Veränderlichen sind, nach Argelander, sehr mangelhaft. Argelander's neuere Rechnungen (Astronom. Nachr. Nr. 1045) ergaben folgende Elemente des Lichtwechsels:

Hauptepoche des Minimums: 1840 September 24 $20^h\ 42^m\ 57'$ mittlere Bonner Zeit.
Periodendauer: $5^d\ 8^h\ 47^m\ 39{,}974'$.
Maximum nach dem Minimum: $1^d\ 14{,}6^h$.

ζ Geminorum. Die erste Vermuthung der Veränderlichkeit dieses Sternes entstand bei Jul. Schmidt im Jahre 1844, aber erst nach drei Jahren vermochte er dieselbe als sicher zu constatiren. Die Veränderlichkeit ist nur gering, indem sie kaum wenig mehr als $5^1/_2$ Stufen umfasst, aber der Lichtwechsel scheint sehr regelmässig vor sich zu gehen. Von dem Minimum 1844 Januar 24 ausgehend, fand Argelander folgende Periodenlängen zu den beigesetzten Epochen sowohl aus den Minimis als den Maximis.

	Minima		Maxima	
Epoche 22	$10^d\ 3^h\ 32^m\ 19{,}6' \pm 601{,}3'$	Epoche 20	$10^d\ 3^h\ 32^m\ 19{,}1' \pm 499{,}4'$
„ 101	37 57,0 ± 68,0	„ 118	33 21,9 ± 55,6
„ 180	35 26,9 ± 100,5	„ 207	39 37,3 ± 55,2
„ 277	42 23,8 ± 32,7	„ 293,5	43 53,0 ± 31,4
„ 374	41 40,4 ± 83,3	„ 380,	44 4,1 ± 113,8
„ 468	41 42,7 ± 37,4	„ 463,5	42 51,5 ± 43,4
„ 562	43 27,8 ± 55,9	„ 547	44 42,0 ± 64,2
„ 720,5	44 23,6 ± 35,5	„ 713	43 38,5 ± 36,0

Hiernach scheint es allerdings, dass die Periode länger geworden ist und jetzt ihre grösste Dauer erreicht hat; allein Argelander macht darauf aufmerksam, dass die frühesten Beobachtungen von Schmidt zu einer Zeit angestellt wurden, als die Veränderlichkeit des Sternes noch nicht mit Sicherheit erkannt war und daher möglicher Weise weniger sorgfältig sind; auch lassen sich sämmtliche Beobachtungen Argelander's ebenso gut mit einer gleichförmigen Periode darstellen. Der berühmte Astronom findet auf diesem Wege für die

Periode 376 des Minimums: Periodendauer $10^d\ 3^h\ 42^m\ 2{,}60' \pm 16{,}43'$
Periode 378 des Maximums: Periodendauer $10\ 3\ 43\ 16{,}01 \pm 17{,}55$

Argelander gibt eine Tabelle des Lichtwechsels von ζ Geminorum, hergeleitet aus den Beobachtungen zwischen 1848 September 25 und 1854 December 26, wobei die Vergleichsterne ν und δ Geminorum die Stufenwerthe 2,0 und 9,6 repräsentiren. Folgende Tabelle ist ein Auszug aus der Argelander'schen Lichttafel von ζ Geminorum.

Digitized by Google

Zeit nach dem Minimum	Helligkeit in Stufen	Zeit nach dem Minimum	Helligkeit in Stufen
0 Tag 0 Stunden	2,62	5 Tage 6 Stunden	8,23
0 „ 12 „	3,08	5 „ 12 „	8,19
1 „ 0 „	3,89	6 „ 0 „	7,96
1 „ 12 „	4,74	6 „ 12 „	7,60
2 Tage 0 „	5,58	7 „ 0 „	7,08
2 „ 12 „	6,33	7 „ 12 „	6,39
3 „ 0 „	6,93	8 „ 0 „	5,56
3 „ 12 „	7,41	8 „ 12 „	4,73
4 „ 0 „	7,78	9 „ 0 „	3,94
4 „ 12 „	8,06	9 „ 12 „	3,24
5 „ 0 „	8,22	10 „ 0 „	2,72

S Cancri. Die Veränderlichkeit dieses Sternes entdeckte schon 1848 Hind, allein die genauere Natur derselben, wodurch der Stern in die Kategorie von Algol tritt, wurde erst viel später ergründet. Man weiss jetzt, dass das kleinste Licht sich auf einen kurzen Zeitraum zusammendrängt und der Stern nach dem Minimum einen mehrstündigen Stillstand in der Helligkeitszunahme zeigt. Schönfeld hat gefunden (Astr. Nachr. Nr. 1593), dass, während unter Annahme einer gleichmässigen Periode regelmässig laufende Fehler von mehr als 40 Zeitminuten nicht zu vermeiden sind, die Elemente

$$1858 \text{ December } 28\ 17^h\ 58{,}5^m \text{ mittlere Zeit von Paris}$$
$$+\ 9^d\ 11^h\ 37{,}84^m\ .\ E\ +\ 30{,}0^m\ \sin\ (1^0\ 12'\ .\ E\ -\ 72^0),$$

(wo E die Zahl der seit 1858 December 28 verflossenen Perioden bezeichnet), alle Minima seit 1854 December 19 so darstellen, dass der grösste Fehler nur $21{,}1^m$ ist und der regelmässige Gang in den Fehlern zum grössten Theile verschwindet.

Argelander hat 42, theils von ihm selbst, theils von Anderen beobachtete Minima zwischen 1854 December 19 und 1867 März 23 oder von Epoche 265 bis 737 mit einer gleichförmigen Periode verglichen und gefunden, wenn das Hind'sche Minimum 1848 Februar 1 als das Ote gerechnet wird:

$$\text{Minimum } 429 = 1859 \text{ März } 24\ 3^h\ 1{,}7^m \pm 2{,}23^m \text{ mittlere Zeit von Bonn.}$$
$$\text{Periode } 9^d\ 11^h\ 37{,}7509^m \pm 0{,}0146^m.$$

Argelander findet aber, dass die Abweichungen, welche diese Elemente zwischen Beobachtung und Rechnung übrig lassen, der von Schön-

Digitized by Google

feld aufgestellten Hypothese eines periodischen Gliedes, das in 300 Perioden den ganzen Cyclus durchläuft, günstig sind, vielleicht würden sie sogar noch eine etwas längere Dauer der periodischen Ungleichheit erfordern.

χ Cygni. Die Veränderlichkeit dieses Sternes ward von Gottfried Kirch 1686 erkannt, und der Stern ist später von Pigott, Olbers und Westphal aufmerksam verfolgt worden. Argelander hat sämmtliche bekannt gewordenen Beobachtungen untersucht und erhielt unter Annahme einer gleichförmigen Periode folgende Elemente:

Epoche des Hauptmaximums 1763 Juni 18,68
Periodendauer $406{,}0634^d \pm 0{,}0317^d$,

wobei freilich Fehler zwischen $-\ 27{,}2^d$ und $+\ 39{,}4^d$ übrig bleiben.

Eine auf den regelmässigen Gang dieser Fehler basirte genauere Untersuchung ergibt ein veränderliches Glied von $8^1/_2$ Einzelperioden, die Periode wird:

$$406{,}0911^d + 11{,}78^d \sin(42{,}72^0 \cdot E - 132{,}4^0),$$

wo die Periode E von 1763 Juni 18 ab gezählt worden.

Uebrigens zeigen sich auch jetzt noch ganz unzulässige Abweichungen von den Beobachtungen, wodurch es wahrscheinlich wird, dass die Periode kleinere Abweichungen von einem mittlern Werthe besitzt, deren Gang nichts Gesetzmässiges aufweist.

Die Helligkeit im Maximum ist nicht stets gleich; im Mittel ist der Stern alsdann etwas heller als 17 Cygni, allein die Abweichungen können in $\pm$ 10 bis 13 Stufen betragen. Im schwächsten Maximum ist der Stern dem blossen Auge gar nicht sichtbar gewesen, während nach Argelander die mittlere Dauer der Sichtbarkeit mit blossem Auge 52 Tage beträgt, wovon 20 auf die Zunahme und 32 auf die Abnahme des Lichtes kommen.

R Hydrae. Die Veränderlichkeit dieses Sternes entdeckte Maraldi, nachdem Montanari denselben 1670 als einen neuen Stern 4. Grösse zwischen ψ und γ Hydrae beschrieben hatte. Später wurde dieser Veränderliche von Pigott, Lalande, Westphal und Olbers, und in neuerer Zeit von verschiedenen anderen Astronomen fleissig beobachtet. Er ist von rother Farbe. Argelander hat aus den Beobachtungen von 1784 Januar 26 bis 1863 Januar 19, welche 62 Lichtwechsel umfassen, eine Periode von 469,3363 Tagen abgeleitet. Seine vollständige Formel für die Periodendauer ist:

$469{,}3363^d\,(E - 108) - 0{,}44351^d\,(E - 108)^2 + 0{,}001981^d\,(E - 108)^3$,

wo E die Zahl der seit 1670 April 15 verflossenen Perioden bezeichnet.

Doch bleiben auch bei dieser Formel noch Abweichungen bis zu 17 Tagen. Der Stern ist seiner Lage am Himmel wegen und da bequeme Vergleichsterne in der Nähe fehlen, schwierig zu beobachten.

Digitized by Google

R Leonis. Dieser Stern wurde 1782 von Koch als veränderlich erkannt, später ist er wenig beobachtet worden, am besten von den Neueren, von Westphal und Baxendall. Argelander hat sämmtliche bekannt gewordenen Beobachtungen über diesen Stern untersucht. Er findet ihn im Mittel aus seinen eigenen Beobachtungen, zur Zeit des Maximums etwa eine Stufe heller als γ Leonis. Rechnet man die Epoche des Maximums von 1757 als Ote, so findet Argelander für die Epoche 115 (1855 October 9,24) Periodendauer: $312{,}1894^d \pm 0{,}0907^d$ mit Abweichungen, die nur vereinzelt auf etwa 11 Tage steigen. Der wahrscheinliche Fehler ($3{,}516^d$) ist bedeutend geringer als die Unterschiede zwischen den Angaben verschiedener Beobachter. Eine neue Berechnung der Periodendauer aus den Epochen 70 und 115 ergibt für jene $312{,}337^d \pm 0{,}0757^d$. Argelander glaubt, dass die Periode kürzer wird, aber dass diese Verkürzung nicht der Zeit proportional ist, sondern früher bedeutender war.

R Coronae, ward schon 1783 von Pigott als der Veränderlichkeit verdächtig erkannt, aber erst 12 Jahre später wurde der Lichtwechsel von diesem Beobachter mit Sicherheit constatirt. Koch bestimmte im Jahre 1814 die Dauer der Periode zu 323 Tagen. Seit dem Juni 1817 beschränkte sich die Veränderlichkeit nach den Beobachtungen von Harding und Westphal auf einen ungemein geringen Grad, doch bemerkte Olbers im Jahre 1824, dass der Stern neuerdings einen wahrnehmbaren Lichtwechsel zeige. Als Argelander den Stern im Jahre 1843 zu beobachten begann, zeigte er wiederum keine Veränderlichkeit, erst im September 1845 sah ihn dieser berühmte Astronom rasch schwächer werden, so dass er während der Monate October und November im Kometensucher unsichtbar war. Argelander theilt über den merkwürdig unregelmässigen Lichtwechsel dieses Sternes folgendes Nähere mit. „Im Februar des folgenden Jahres hatte er noch nicht seine gewöhnliche Grösse erreicht, sondern gelangte erst im Mai zu derselben, in welcher er nun wenigstens bis zum August 1850, wahrscheinlich aber auch das ganze Jahr 1851 hindurch verblieb. Aber 1852 Januar 25 war er auf einmal im Kometensucher verschwunden, blitzte erst am 23. Februar in demselben wieder auf, hatte im Juli seine gewöhnliche Grösse erreicht und blieb in derselben bis gegen das Ende des Jahres 1853. Am 31. December war er schon bedeutend im Abnehmen, kann aber nicht besonders schwach geworden sein, da er schon Ende Januar 1854 wieder im Zunehmen war, und Mitte März seine gewöhnliche Grösse erreichte, die er bis zum Ende des Jahres beibehielt. Am 10. März des folgenden Jahres fand ich aber sein Licht sehr bedeutend vermindert; er nahm nun, vielleicht mit einer kleinen Schwankung im April, immer mehr ab, und war vom 21. Juli bis 5. August im Kometensucher nicht mehr zu erblicken. Schönfeld hat das Minimum in einem stärkern Fernrohre sehr genau auf 1855 Juli 27,5 festgestellt. In den beiden folgenden Jahren behielt der Stern nun wie-

Digitized by Google

der fortwährend seine gewöhnliche Grösse, und so auch noch 1858 März 5; aber am 18. April fand ich ihn auf einmal nur 9. bis 10. Grösse, so dass ich ihn von da an mehrere Tage lang im Kometensucher nicht sehen konnte, und Winnecke bestimmte das Minimum durch Beobachtung am Bonner Heliometer auf 1858 April 22. Im August dieses Jahres war die gewöhnliche Grösse wieder erreicht, aber Ende Februar des folgenden Jahres trat eine neue Abnahme ein. Ueber die merkwürdige Erscheinung, die der Stern bei dem folgenden Minimum zeigte, haben Schönfeld (Astr. Nachr. Bd. 51, S. 577) und Auwers (Astr. Nachr. Bd. 52, S. 219) berichtet. Mit diesem Zeitpunkte hören meine Beobachtungen auf, nach denen von Schönfeld scheint der Stern aber gegen das Ende des Jahres wieder seine gewöhnliche Helligkeit erreicht zu haben. Ueber die Erscheinungen des Jahres 1860 habe ich keine Aufzeichnungen finden können, aber 1861 traf um den 2. August nach Schmidt ein decidirtes Minimum ein, so dass der Stern im Sucher unsichtbar war. Derselbe Beobachter berichtet weiter, dass der Stern 1861 August 31 im Sucher wieder sichtbar ward, und so, meist auch dem freien Auge erkennbar, wenigstens bis 1863 October 29 verblieben sei. Dass er aber in dieser Periode doch wenigstens geringere Schwankungen gemacht habe, sagt Schmidt, und dies wird durch meine Beobachtung 1862 August 26 bestätigt, an welchem Tage ich ihn abnehmend notirt habe; 1863 November 22 und 26 konnte Schmidt ihn im Sucher nicht mehr sehen, und es begann nun, nach demselben Beobachter, eine zweijährige Unsichtbarkeit für schwache Instrumente. — Erst 1867 November 6 ist das Maximum eingetreten (Astr. Nachr. Bd. 73, S. 262); im Jahre 1868 war der Stern dann nach derselben Notiz von April 11 bis November 12 im Sucher unsichtbar. — — Bei dem so sehr regellosen Lichtwechsel kann natürlich an eine einigermaassen genaue Ermittelung der Periode nicht gedacht werden. Pigott hatte sie auf $10^1/_2$ Monate festgestellt, Westphal sie aus dessen und seinen eigenen Beobachtungen zu 335 Tagen, Koch aus seinen Wahrnehmungen zu 323 Tagen angenommen. Eine ähnliche Periode würde sich allerdings auch mit den neueren Beobachtungen vereinigen lassen, aber immer wird man zweifelhaft bleiben, welches von den verschiedenen Minimis man mit den anderen zu verbinden hat. Die oft Jahre lange Veränderlichkeit scheint aber bis jetzt noch durch keine Formel erklärt werden zu können."

R Scuti. Pigott hat die Veränderlichkeit dieses Sternes entdeckt und darüber zuerst in den Phil. Trans. von 1797 berichtet. Später ist der Stern von Koch und Westphal beobachtet worden, aber erst die neueren Beobachtungen von Argelander, Schmidt, Schönfeld und Oudemans bieten der weitern Untersuchung ein hinreichendes Feld. Nach den Untersuchungen von Argelander ist die Periodendauer Schwankungen unterworfen und ihre mittlere Länge beträgt $71{,}089^d \pm 0{,}04166^d$. Doch lassen sich hiermit keineswegs alle beobachteten Maxima innerhalb

Digitized by Google

der zulässigen Fehlergrenzen darstellen. Auch der Helligkeitswechsel ist sehr unregelmässig. „Während zu gewissen Zeiten," bemerkt Argelander, „die Helligkeit eine ganze Periode hindurch kaum um eine oder die andere Stufe schwankt, ändert sie sich zu anderen Zeiten um ganze Grössenclassen. In einzelnen Minimis sinkt der Stern fast bis zur 9. Grösse herab, während er in anderen kaum unter die 6. bis 7. Grösse herunterkommt. Geringere Schwankungen zeigen sich beim Maximum, aber auch hier betragen sie doch über eine halbe Grössenclasse." Schmidt nimmt (Astr. Nachr. Bd. 46, S. 161 u. ff.) eine doppelte Periode mit zwei Maximis und zwei Minimis an. „Diese Ansicht," bemerkt Argelander, „hat vieles für sich. — Man könnte zwei Ursachen des Lichtwechsels von nahe gleicher Stärke annehmen. Ist die Periode der einen genau das Doppelte der andern, und treffen beide Minima an einer Stelle genau zusammen, so wird sich ein Hauptminimum zeigen, ein secundäres da, wo das zweite Minimum der kürzern Periode mit dem Maximum der längern übereinkommt. Ist die Periode der einen aber nicht genau das Doppelte der andern, und ist auch die Form der Lichtcurven bei beiden verschieden, so werden sich allmälig die Unterschiede zwischen den beiden Minimis verwischen und mit der Zeit werden sie an anderen Stellen auftreten, so wie es die Erfahrung zu lehren scheint. Sollten spätere Beobachtungen diese Hypothese bestätigen, so würde sich auch wohl ein Zusammenhang zwischen diesen Helligkeitsänderungen und den Unregelmässigkeiten in der Dauer der Periode erkennen lassen."

R Virginis. Dieser von Harding entdeckte Veränderliche zeigt eine nicht ganz regelmässige Periode, indem die von Argelander berechneten Elemente

Minimum 1830 Juni 21,3 $\pm$ 0,7^d mittlere Bonner Zeit
Periode 145,541^d $\pm$ 0,053^d

Abweichungen von den Beobachtungen zeigen, die bis auf 15,5 Tage gehen.

R Aquarii, von Harding 1811 als veränderlich erkannt. Die Periode ist nach den neueren Beobachtungen von Argelander und Schönfeld ebenso veränderlich, wie die Helligkeit im Maximum. Argelander findet aus sämmtlichen Maximis folgende

Epoche 1843 September 4,7 mittlere Bonner Zeit
Periode 388,011^d.

Diese Werthe ergeben im Einzelnen Abweichungen von den Beobachtungen, welche die Unregelmässigkeit der Periode documentiren.

R Serpentis, ward von Harding als veränderlich erkannt und diese Entdeckung 1831 in den „kleinen Ephemeriden" publicirt. Argelander hat gezeigt, dass sich die Periode verkürzt. Zählt man die

Digitized by Google

Epochen von dem ersten Harding'schen Maximum 1814 Mai 14 an, das für 0 angenommen ist, so stellt folgende Formel Argelander's die beobachteten Maxima bis 1868 erträglich dar:

1850. December $2{,}82 + 355{,}5388^d\,(E - 24) - 0{,}12990^d\,(E - 24)^2$.

Die Beobachtung d'Agelet's 1783 April 27, wo der Stern 7. Grösse und eine andere April 28., wo er 6. bis 7. Grösse geschätzt ward, gibt aber das Maximum viel später. Der Zukunft muss es anheimgestellt werden, einen genauern Ausdruck für die Abnahme der Periode zu ermitteln. Die Schwankungen der Helligkeit im Maximum sind nach Argelander's Angabe sehr bedeutend, sie gehen von schwach 7. bis 8. Grösse bis hell 6. Grösse.

R Cancri. Die Veränderlichkeit dieses Sternes ward 1829 von Schwerd erkannt, doch wurde derselbe erst 1833 in dem Verzeichniss der beobachteten Sterne zur Berliner Karte hora VIII. angezeigt, woselbst auch die Beobachtungen des Entdeckers mitgetheilt sind. Die Periode scheint sehr unregelmässig zu sein. Argelander hat aus den Beobachtungen zwischen 1852 und 1859 folgende Elemente des Lichtwechsels abgeleitet:

Epoche 1855. März $19{,}16 \pm 1{,}75^d$ mittlere Bonner Zeit
Periode $353{,}190^d \pm 0{,}75^d$.

α Orionis. Die Veränderlichkeit dieses rothen Sternes hat Sir John Herschel im Jahre 1840 der Königlichen astronomischen Gesellschaft in London angezeigt. Argelander hat alle Beobachtungen über denselben gesammelt und findet:

Periode $196{,}003^d \pm 0{,}430^d$

Minimum 1845. Januar $16{,}13 \pm 3{,}07^d$. Maximum 1845. April $17{,}75 \pm 3{,}07^d$.
Zeit des Zunehmens $91{,}6^d$. Zeit des Abnehmens $104{,}4^d$.

Argelander glaubt, dass die Lichtabnahme zwischen Maximum und Minimum nicht stetig fortgeht, sondern eine Verzögerung erleidet, ähnlich wie bei δ Cephei.

Von den Einzelnheiten in der Art und Weise, wie sich der Lichtwechsel der veränderlichen Sterne dem Beobachter darstellt, zu der Ursache welche denselben bedingt, übergehend, betritt man ein Feld, auf dem der Vermuthung und Hypothese zur Zeit noch ein weiter Spielraum geöffnet erscheint.

Untersucht man das, was sämmtliche oder doch die meisten Veränderlichen neben gewissen individuellen Eigenthümlichkeiten mit einander gemein haben, so erkennt man mit grösserer oder geringerer Deutlichkeit einige Gesetze, die vielleicht mit der Zeit leitende Fäden an die Hand zu geben vermögen, um mit wissenschaftlicher Sicherheit die Ursachen des Lichtwechsels zu erkennen.

Digitized by Google

Im Allgemeinen zeigt sich zuerst, dass die Sterne, welche die grössten Schwankungen der Periodendauer aufweisen, auch die grössten Schwankungen der Helligkeit in identischen Theilen der Periode zeigen. Dieser wichtige Satz darf freilich, wie Schönfeld mit Recht hervorhebt, keineswegs so gedeutet werden, dass grosse Abweichungen im Eintreten eines Maximums, von dem nach mittlerer Periode berechneten, auch stets von grossen Abweichungen der Helligkeit von ihrem mittlern Werthe begleitet wären. „Der Zusammenhang zwischen Zeit und Helligkeit des Maximums oder Minimums scheint bei den meisten Sternen verwickelterer Natur zu sein, und beide von verschiedenen Ursachen abzuhängen. Am regelmässigsten sind in Bezug auf die Lichtcurve die Sterne von kurzer Periode, besonders Algol, s im Krebs, η im Adler, ζ in den Zwillingen und vor allen δ im Cepheus.“ (36. Mannh. Jahresbericht 1870).

Vergleicht man die Periodendauer mit der Zahl der Veränderlichen nach der oben mitgetheilten Tafel, so ergiebt sich

Dauer der Periode	Zahl der Veränderlichen	Dauer der Periode	Zahl der Veränderlichen
1 bis 20 Tage	13	350 bis 400 Tage	13
20 „ 50 „	1	400 „ 450 „	8
50 „ 100 „	4	450 „ 500 „	3
100 „ 150 „	4	500 „ 550 „	0
150 „ 200 „	5	550 „ 600 „	0
200 „ 250 „	9	600 „ 650 „	1
250 „ 300 „	14	650 „ 700 „	0
300 „ 350 „	18	700 „ 750 „	1

Man bemerkt in dieser Tabelle ein ziemlich regelmässiges Anwachsen der Häufigkeit von Veränderlichen bis zur Periodendauer von 300 bis 350 Tagen. Ein zweites Maximum der Häufigkeit ergibt sich für die Veränderlichen, deren Periode kürzer als 20 Tage ist. Wenn auch im Einzelnen, wegen der zur Zeit noch sehr beschränkten Kenntnisse, die vorstehende Tafel äusserst unvollkommen sein muss, so bleibt darum das eben erwähnte Uebergewicht der Perioden von nahe einjähriger Dauer nicht minder merkwürdig.

Ein sehr charakteristisch hervortretendes Gesetz offenbart sich in der Zu- und Abnahme des Lichtes, indem der grösste Theil der periodischen Sterne schneller an Licht zunimmt als abnimmt. Dies deutet auf eine Ursache, die weit durch das Universum hindurch in der Constitution der veränderlichen Sterne selbst begründet erscheint.

Vergleicht man die Farben der Veränderlichen, so finden sich nach

Digitized by Google

Schönfeld unter 72 Sternen, über deren Farben genügende Beobachtungen zu Gebote stehen:

59 roth oder orange,
4 gelb,
9 weiss oder ungefärbt.

Kein einziger ist grün oder blau, und von den ungefärbten sind fünf so schwach, dass über ihre Farbe nur schwer zu entscheiden ist. Dagegen gehören von den rothen viele zu den am intensivesten und schönst gefärbten Sternen des Himmels. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass $^5/_6$ aller Veränderlichen eine rothe Färbung zeigen, so dass man schliessen muss, dass Sterne von rother Farbe besonders zu Lichtveränderungen geneigt sind. Diese Thatsache ist, wie Schönfeld mit Recht hervorhebt, ein hinreichender Fingerzeig, um anzunehmen, dass die Ursachen der Veränderlichkeit in der physischen Constitution der Sterne liegen, dass sie weniger ein Gegenstand der Mechanik als der Physik des Himmels sind.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass die nächsten Ursachen, welche die Veränderlichkeit der meisten periodischen Sterne bedingen, eine grosse Analogie mit den Sonnenflecken zeigen. Abgesehen von der zeitlichen Ungleichheit der Lichtzu- und Abnahme (die auf eine den meisten Veränderlichen gemeinsame Ursache hinweist) lassen sich sämmtliche Erscheinungen, welche die veränderlichen Sterne für uns darbieten, durch Fleckenbildung an ihren leuchtenden Oberflächen darstellen. Aber die Ursache dieser periodischen Fleckenbildung ist selbst bei unserer Sonne gegenwärtig noch durchaus in Dunkelheit gehüllt. Alle Versuche, die Bildung der Sonnenflecke an das Princip der Massenanziehung zu knüpfen und die Periodicität ihres Auftretens etwa durch eine vom Jupiter veranlasste Ebbe und Fluth zu erklären, erweisen sich als verfehlt, indem in diesem Falle die Periode nicht gleich der wahren Umlaufszeit jenes Planeten, sondern gleich der Hälfte seiner synodischen Revolution sein müsste, analog wie die Periode der Gezeiten ein halber Mondstag, die Hälfte der Zeit zwischen zwei Mondculminationen ist.

Digitized by Google

Neue Sterne.

Das Auflodern neuer Sterne an der nächtlichen Himmelsdecke, ein sehr seltenes Phänomen im Verlaufe der historischen Erinnerung, hat schon früh zu der Anschauung geleitet, dasselbe als wichtige Begebenheit in den Welträumen zu betrachten. Mit Erstaunen erkannte man, dass die alten, liebgewonnenen Ansichten von der uralten, nimmer gestörten Ordnung im Weltenraume, der Wahrheit nicht entsprechen; ahnungsvoll schweifte der Blick hinüber und suchte der Verstand grübelnd zu ergründen, welches kosmische Ereigniss der Erde in dem aufglimmenden Lichtpunkte sichtbar werde. Besonders die prachtvolle Erscheinung eines hellleuchtenden Sternes in der Cassiopeia und das bald darauf erfolgende Auflodern des neuen Fixsterns im Schlangenträger, haben gegen Ende des sechzehnten Jahrhunderts Veranlassung zu einer Menge, grösstentheils wunderlicher, Hypothesen über die Entstehung, ja über den Zweck neuer Sterne geführt. Selbst der sonst so nüchterne Beobachter Tycho kann sich unter dem Einflusse der grossen Himmelsbegebenheit in der Cassiopeia nicht enthalten, Vermuthungen über die Entstehung dieses Sternes auszusprechen. Nach seiner Ansicht ballt sich der dunstförmige Himmelsstoff periodisch zu, in der Verdichtung leuchtend werdenden Fixsternen. Diese Verdichtung sei schon in der Milchstrasse bis zu dem Grade des milden Leuchtens vorgeschritten. Deshalb stehe auch der neue Stern, ebenso wie die, welche in den Jahren 945 und 1264 aufgelodert, am Rande der Milchstrasse; ja, man glaube sogar noch die Oeffnung zu erkennen, welche durch Entziehung des nebligen Himmelsstoffes, in der Milchstrasse entstanden sei. Mit Verwunderung erkennt man hier Anschauungen, wie sie zwei Jahrhunderte später ähnlich von dem grössten astronomischen Entdecker aller Zeiten, William Herschel, sind aufgestellt worden. Allein es bleibt stets misslich, das, was unserer Berührung unerreichbar in den fernen Himmelsräumen kreist, an eine uns so nahestehende Epoche

Digitized by Google

des Werdens zu binden. Die Spectralanalyse ist ein Mittel geworden, um exacte Untersuchung an Stelle der blossen Vermuthung treten lassen zu können, und glücklich hat es sich ereignet, dass im Mai 1866 ein Stern aufloderte und so Gelegenheit bot, die Kraft der neuen Analyse auch nach dieser Richtung glänzend zu erproben.

Ich gehe jetzt zur Aufzählung der neuen Sterne, geordnet nach der Zeitfolge ihres Erscheinens, über. Leider sind die älteren Nachrichten fast ohne Ausnahme äusserst unsicher und zweifelhaft, und ohne den Fleiss und die Aufmerksamkeit der alles registrirenden Chinesen, ohne Ma-duan-lin's wichtiges Werk Wen-chiang-tung-kao, würde das Verzeichniss der neuen Sterne bis zum Erwachen der Wissenschaften im Abendlande ebenso unvollständig sein, wie die Verzeichnisse der Kometen und Feuerkugeln ohne die chinesischen Berichte für dieselben Zeiten.

134 v. Chr. Im Monat Juli, nach Ma-duan-lin. Der Stern erschien zwischen β und ϱ Scorpii. Dieser Stern ist, wie Sir John Herschel hervorgehoben, vielleicht identisch mit dem neuen Sterne, der Hipparch, nach des Plinius Zeugnisse, zur Anfertigung seines berühmten Sternverzeichnisses veranlasste.

123 n. Chr. Im December, zwischen α Herculis und α Ophiuchi. Dieser Stern, dessen Ma-duan-lin gedenkt, ist vielleicht der nämliche, der unter Hadrian's Regierung erschienen sein soll. Es findet allerdings in den Angaben ein Zeitunterschied von 7 Jahren statt.

173 „ Zwischen α und β Centauri. Die Angaben wiederum nach Ma-duan-lin. „Der Stern," heisst es, „verschwand nach acht Monaten, als er nach einander die fünf Farben gezeigt." Die fünf Farben bei den Chinesen sind: Blaú, Gelb, Roth wozu noch Weiss und Schwarz treten.

Der chinesische Bericht kann also ohne Zwang so gedeutet werden, dass der Stern mit blendend weissem Lichte aufloderte, dass dieser Glanz abnahm (bläuliche Farbe), dass das Licht gelblich, darauf röthlich wurde und zuletzt (für das blosse Auge) erlosch.

386 „ Nach Ma-duan-lin, zeigte sich der Stern vom April bis zum Juli zwischen λ und φ Sagittarii. Humboldt führt für 369 und 389 noch zwei neue Sterne an. Ich glaube um so mehr, dass sich die Nachrichten hierüber auf den Stern von 386 beziehen, als bei dem ersten die Jahreszeit, bei dem zweiten der Ort einigermaassen mit den chinesischen Berichten übereinstimmt.

393 „ Nach Ma-duan-lin erschien der Stern im Schwanze des Scorpion während des Monats März.

827 „ Das Jahr ist unsicher. Der Stern ward als sehr hell von

Digitized by Google

den beiden arabischen Astronomen Haly und Giafar Ben-Mohamed-Albumazar zu Babylon beobachtet. Der Stern stand im Skorpion und verschwand nach vier Monaten.

1006 n. Chr. Im Widder. Nach den Annalen des Mönches Hepidannus von St. Gallen, strahlte der Stern prachtvoll glänzend gegen Ende des Monats Mai auf und verschwand wieder im August. Aus den Worten des Chronikschreibers scheint hervorzugehen, dass der Stern sehr stark funkelte.

1011 „ Zwischen σ und φ Sagittarii, nach Ma-duan-lin. Der Stern erschien im Februar.

1203 „ Im Schwanze des Skorpion, wiederum nach Ma-duan-lin. Seine Farbe war weissbläulich; er war ohne allen leuchtenden Nebel, dem Saturn ähnlich.

1230 „ Zwischen Ophiuchus und der Schlange, abermals eine Angabe von Ma-duan-lin. Der Stern strahlte um die Mitte des December 1230 auf und verschwand im März 1231.

1245 „ Ein heller Stern im Steinbock, nach der handschriftlichen Chronik von Albertus Stadensis (Oldenburg). Der Stern war der Venus vergleichbar, aber von rother, jener des Mars ähnlicher Farbe. Er blieb etwa 2 Monate sichtbar.

Leovitius spricht für 1264 auch von einem neuen Sterne, aber er setzt ihn zwischen Cepheus und Cassiopeia und hat seine Nachricht angeblich auch nur aus einer handschriftlichen Chronik.

1572 „ In der Cassiopeia. Es ist der durch Tycho's Beobachtungen so berühmt gewordene Stern. Tycho bemerkte ihn zufällig am 11. November, erfuhr indess bald, dass er von dem gewöhnlichen Volke in Deutschland schon früher gesehen worden war. Der Stern stellte sich völlig nebelfrei wie jeder andere Fixstern dar, doch funkelte er beträchtlich stärker als die Sterne 1. Grösse. An Helligkeit kam er anfangs der Venus in ihrem Maximum gleich und scharfe Augen erkannten ihn bei heiterer Luft selbst am Tage um die Mittagszeit. Bei Nacht erschien er bisweilen selbst durch Wolken, welche alle übrigen Sterne verschleierten. Bereits im December begann die Lichtintensität abzunehmen, der Stern wurde dem Jupiter gleich. Im Januar 1573 war er bereits schwächer als dieser Planet, im Februar und März setzte ihn Tycho der Helligkeit eines Sternes 1. Grösse gleich, in den Monaten April und Mai erschien er von der 2. Grösse, im Juli und August war er 3. Grösse, im October und November 4. Grösse, in den Monaten December 1573 bis Februar 1574 sank er von der 5. zur 6. Grösse herab und im März des letztgenannten

Digitized by Google

Jahres verschwand er gänzlich für das blosse Auge. Nicht minder wie die Helligkeit veränderte sich auch die Farbe dieses merkwürdigen Gestirns. Anfangs, so lange der Stern noch wenigstens dem Jupiter an Helligkeit gleich war, erschien er durchaus weiss, darauf wurde er gelblich und zuletzt roth. Im Frühlinge 1573 verglich Tycho die Farbe mit jener des Mars, hierauf mit derjenigen von Beteigeuze. Im Mai dieses Jahres war der Stern indess wieder entschieden weisslich geworden und blieb so bis zum Verschwinden. Doch funkelte er noch als Stern 5. Grösse ungemein stark.

Um sich von der völligen Unbeweglichkeit des neuen Sternes zu überzeugen, hat Tycho denselben durch sorgfältige Sextantenmessungen mit den Sternen ζ, α, η, γ, δ, ε, ι, $\varkappa$ und β Cassiopeiae verbunden. Aus diesen Messungen leitete der grosse Beobachter den Ort des Sternes ab für 1573:

Rectascension $0^{0}\ 26'\ 24''$, Declination $+\ 61^{0}\ 46'\ 45''$.

Durch sorgfältige Discussion der Tychonischen Beobachtungen und unter Reduction der Positionen der Sterne der Cassiopeia auf das Jahr 1573, hat Argelander den Ort des Sternes gefunden, für

1573: Rectascension $0^{0}28'6{,}3''$,. Declination $+\ 61^{0}46'22{,}8''$.

Hieraus folgt der Ort für

1865: Rectascension $4^{0}19'57{,}7''$, Declination $+\ 63^{0}23'55{,}4''$.

Dieser Ort stimmt in merkwürdiger Weise mit demjenigen eines kleinen Sternes 10. bis 11. Grösse überein, welchen d'Arrest in seinem Cataloge von 212 Sternen in der Umgebung des Ortes des Tychonischen Sternes aufführt. Dieses Verzeichniss und eine nach demselben construirte Karte, beide gültig für den Beginn des Jahres 1865, sind bis zur 15. oder 16. Grösse vollständig in unmittelbarer Nähe jener Stelle, wo der Stern von 1572 gesehen wurde, und zwar innerhalb eines Radius von 10 Bogenminuten um den wahrscheinlichen Ort des Sternes. „Innerhalb dieses Kreises wird man", sagt d'Arrest, „jeden am Himmel sichtbaren und auf der Karte nicht verzeichneten Gegenstand, mit völliger Sicherheit als neu oder veränderlich annehmen können". Der Stern, welcher nahe mit der von Argelander berechneten Position übereinstimmt, ist Nr. 123 des d'Arrest'schen Verzeichnisses, dessen

Rectascension $4^{0}19'30''$, Declination $+\ 63^{0}22{,}9'$.

Professor Argelander hat früher in Abo mit dem dortigen achtfüssigen Passageninstrumente den Tychonischen Stern an dem von ihm berechneten Orte aufgesucht, aber im dunkeln Felde nichts sehen können. Er hat den Versuch später an demselben Orte und um das Jahr 1849 in Bonn vergeblich

Digitized by Google

wiederholt. Die Sterne Nr. 33 und 148 seines Verzeichnisses schätzt d'Arrest ebenso wie Nr. 123 zur 10. bis 11. Grösse. Beide sind von Argelander im Kometensucher wahrgenommen worden. „Allerdings," bemerkt Argelander, „sind am Kometensucher zuweilen auch ausserordentlich schwache Sterne beobachtet worden, oft so schwache, dass ich sie im dunkeln Felde des Meridiankreises erst sehen konnte, nachdem ich das Auge eine lange Zeit an die Dunkelheit gewöhnt hatte. Dass ich daher d'Arrest's Stern am Meridiankreise nicht gesehen habe, möchte ich nicht für entscheidend halten; dass ich ihn aber in dem lichtstarken achtfüssigen Fernrohre zu einer Zeit nicht gesehen habe, wo meine Augen noch viel kräftiger waren als jetzt, erscheint mir doch als höchst auffallend. Ich möchte daher die Astronomen, denen sehr starke Fernrohre zu Gebote stehen, dringend auffordern, diesem Sterne ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden."

Schon Goodricke vermuthete, der Tychonische Stern möge identisch sein mit den neuen Sternen von 945 und 1264, und sei daher zu den Veränderlichen zu rechnen mit einer Periode von 300 bis 320 Jahren. Wäre diese Vermuthung, die Arago unzulässig findet, richtig, so müsste der Stern gegen Ende dieses Jahrhunderts wiedererscheinen.

1578 n. Chr. Nach Ma-duan-lin's Verzeichnisse erschien im Februar dieses Jahres ein Stern, dessen Lichtintensität sehr bedeutend gewesen sein muss, indem er als „gross wie die Sonne" bezeichnet wird. Da die Chinesen von Tycho's Stern schweigen und ein beträchtlich heller, neuer Stern im Jahre 1578 im Abendlande nicht wohl mehr ungesehen hätte vorübergehen können, so ist es äusserst wahrscheinlich, dass der Stern von 1578 identisch mit dem Tychonischen ist und in den chinesischen Berichten ein Irrthum in der Jahreszahl angenommen werden muss.

1584 „ Bei π Scorpii am 1. Juli gesehen, nach chinesischen Berichten. Es ist eine merkwürdige Thatsache, dass im Sternbilde des Scorpions, so weit historische Nachrichten reichen, fünfmal neue Sterne aufloderten. Bei der Unsicherheit der alten Angaben lässt sich Genaueres über den Ort derselben nicht ermitteln, allein es ist auffallend, dass die Zwischenzeiten zwischen je zwei Erscheinungen, die im Mittel 428 Jahre betragen, kaum um $^1/_8$ dieses Betrages unter einander abweichen. Man hat folgende Daten:

Digitized by Google

		△
134 v. Chr.		
		522 Jahre
393 n. Chr.		
		434 „
827 „ „		
		376 „
1203 „ „		
		381 „
1584 „ „		

Soll man hiernach den Stern für einen periodisch wiederkehrenden halten? Seine nächste Sichtbarkeit würde dann gegen das Jahr 2000 eintreten müssen.

1600 n. Chr. Es ist der Stern 34 Cygni bei Bayer. Er wurde zuerst von Wilhelm Janson beobachtet. Kepler sah ihn erst zwei Jahre später und fand ihn 3. Grösse. Im Jahre 1621 verschwand der Stern ganz, gelangte aber 1655 nach D. Cassini wieder zur 3. Grösse, um darauf abermals zu verschwinden. Hevel sah ihn im November 1665 wieder auftauchen, doch ohne dass er die 3. Grössenclasse erreicht hätte. Zwischen 1667 und 1682 war er von der 6. Grösse und ist so geblieben bis auf den heutigen Tag.

1604 „ im Schlangenträger. Der Stern wurde zuerst von Johann Brunowski am 10. October 1604 gesehen. Er war heller als alle Sterne 1. Grösse, doch stand er der Venus an Glanz nach. Obgleich an Licht nicht dem Tychonischen Sterne vergleichbar, erregte doch sein starkes Funkeln das Staunen aller Beobachter. Im Anfange des Jahres 1605 war er heller als Antares, stand aber an Lichtstärke dem Arctur nach. Ungefähr drei Monate später war der Stern schon zur 3. Grösse herabgesunken. Zwischen Februar und März 1606 verschwand er spurlos, ohne indess Farbenänderungen wie der Stern Tycho's gezeigt zu haben. (Kepler De nova Stella Serp. p. 5, 125).

Aus den Beobachtungen von Fabricius hat Prof. Schönfeld den Ort des Sternes für 1855,0 bestimmt:

Rectascension $17^h21^m57^s$, jährliche Veränderung $+ 3{,}586^s$
Declination $21°21{,}2'$ „ „ $- 0{,}055'$

Die chinesischen Berichte sprechen für die Jahre 1604 bis 1606 von einem grossen rothgelben Sterne bei π Scorpii, der möglicher Weise mit dem obigen identisch ist. (Vgl. A. Nachr. Nro. 1121).

1612 „ im Adler von Justus Byrgius beobachtet. Auch Riccioli erwähnt desselben und nennt als seine Quelle Fromordi meteorologica lib. 3, cap. 2, art. 7. Die Chinesen erwähnen für 1609 eines neuen Sternes „von ansehnlicher Grösse".

1670 „ Am 20 Juni dieses Jahres fand der Karthäuser Anthelme einen neuen Stern 3. Grösse am Kopfe des Fuchses, nahe bei β Cygni. Am 10. August war er bereits zur 5. Grösse herabgesunken und verschwand nach drei Monaten gänzlich.

Digitized by Google

Am 17. März 1671 zeigte er sich dagegen wieder von der 4. Grösse und nach Dom. Cassini von sehr veränderlichem Glanze. Im Februar 1672 wurde er vergebens gesucht, dagegen zeigte er sich am 29. März jenes Jahres von der 6. Grösse und verschwand dann für immer. (J. Cassini, Éleméns d'Astr. p. 69 u. ff.).

1848 n. Chr. im Ophiuchus; von Hind am 27. April 1848 als Stern 4,5. Grösse von gelblich rother Farbe entdeckt. Er nahm rasch an Helligkeit ab und war 1850 bereits 10. bis 11. Grösse. Oudemans fand ihn 1855 ebenso, neuerdings habe ich ihn vergebens gesucht. Der Ort ist für 1850:

Rectascension $16^h51^m5{,}72^s$, Declination $-12°39'27{,}5''$.

1860 „ im Skorpion am 21. Mai von Auwers entdeckt. (A. Nachr. Nro. 1267.) Es sank bald von der 7. bis zur 10. Grösse. Der Ort ist für 1860,0:

Rectascension $16^h8^m42{,}5^s$, Declination $-22°37'{,}27''$.

1866 „ in der nördlichen Krone. Der Stern scheint zuerst von John Birmingham zu Tuam am 12. Mai Abends $11^3/_4{}^h$ in einer α Coronae nahe gleichen Helligkeit gesehen worden zu sein. An demselben Abende von 8 bis 11 Uhr mittlerer Zeit zu Athen, beobachtete Schmidt die Umgebung der Krone, ohne indess einen Stern 5. bis 6. Grösse der früher nicht dort gestanden, zu bemerken. Erst am folgenden Tage 8^h48^m mittlerer Athener Zeit (7^h24^m m. Z. v. Paris) sah er den Stern zum ersten Male. Er war nur wenig schwächer als α Coronae und sein Licht einfach gelbweiss, etwas mehr gelb als α. Vergleicht man die (negative) Athener Wahrnehmung mit der Beobachtung zu Tuam, so ergibt sich, dass der Stern in weniger als zwei Stunden mindestens von 5,6. bis zur Helligkeit eines Sternes 2,3. Grösse wuchs, also um volle drei Grössenclassen. Die Ortsbestimmung des merkwürdigen Gestirnes ergab bald, dass es nicht eigentlich ein neues, sondern vielmehr identisch mit Nr. 2765 der Bonner Durchmusterung (Bd. IV.) sei, einem Sterne, der dort als 9,5. Grösse bezeichnet wird. Nach den Bestimmungen von Jul. Schmidt ist der Ort des Sternes für 1866,0:

Rectascension $15^h53^m53{,}86^s$, Declination $+26'18'5{,}4''$.

Der thätige Director der Athener Sternwarte hat die Lichtänderung des Sternes zwischen dem 13. Mai und 1. Juni genau verfolgt. Die nachstehende Tafel enthält eine Zusammenstellung der bekannt gewordenen Helligkeitsschätzungen. Die Angaben sind eigentlich nicht alle direct mit einander vergleichbar, da die Beobachter die Grössen keineswegs stets gleichschätzen. Da jedoch eine genauere Reduction wegen der Mangelhaftigkeit des vorliegenden Materials nicht mög-

Digitized by Google

lich, so sind da, wo mehrere Schätzungen für dieselbe Zeit vorlagen, die arithmetischen Mittelwerthe der einzelnen Angaben genommen worden. Eine Ausnahme machen die Tage zwischen Mai 13 und Juni 1, wo allein die Schätzungen von Schmidt angesetzt wurden.

	Grösse		Grösse		Grösse
Mai 12.	2,0	Mai 23.	8,0	Juni 6.	8,8
„ 13.	2,2	„ 24	8,0	„ 7.	9,0
„ 14.	3,0	„ 25.	8,5	„ 8.	8,8
„ 15.	3,5	„ 26.	8,5	„ 9.	8,5
„ 16.	4,0	„ 28.	8,5	„ 10.	8,8
„ 17.	4,5	„ 29.	8,7	„ 11.	9,0
„ 18.	5,5	„ 30.	8,5	„ 12.	9,2
„ 19.	6,0	„ 31.	8,6	„ 13.	9,0
„ 20.	6,5	Juni 1.	8,7	„ 20.	9,5
„ 21.	7,0	„ 2.	8,5	Juli 1.	9,5
„ 22.	7,5	„ 4.	8,6	„ 3.	9,5

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass die Lichtabnahme anfangs regelmässig und schnell, später, besonders nach dem 4. Juni, langsamer und unregelmässig stattfand. In den ersten Tagen, als das Gestirn noch ziemlich stark leuchtete, zeigte es sich mit einem schwachen Nebel umgeben. Derselbe konnte nicht mehr wahrgenommen werden, nachdem der Stern unter 5,5. Grösse herabgesunken war.

Bezüglich der spectroskopischen Untersuchung des Sternes, bemerkt William Huggins in einem Schreiben an den Herausgeber der „Astronomischen Nachrichten“ unter dem 19. Mai Folgendes:

„On the 16 inst, J and Dr. W. A. Miller made the following observations of the spectrum of this remarkable object.

Unlike the spectrum of any star we have examined, the spectrum of this object is double, showing that the light by which it shines has emanated from two distinct soures. The principal spectrum is analogous to that of the sun, and is formed by light, which was emitted by an incandescent solid or liquid photosphere and has suffered partial absorption by passing through an atmosphere of vapours at a lower temperature than the photosphere.

„Superposed over this spectrum is a second spectrum consisting of a few bright lines, this is evidently due to light which has emanated from intensely heated matter in the state of gas.

„Description of the principal spectrum. In the red a little more refrangible than *C* of the solar spectrum are two strong dark lines of absorption. The interval bet-

Digitized by Google

ween these and a line a little less refrangible than *D* is shaded by of number of dark lines. A less strongly marked line is seen about *B*. Between *D* and a part of the spectrum about *b* of the solar spectrum, the lines of absorption are numerous but very thin and faint. A little beyond *b* commences a series of groups of dark lines.

„Description of the Gaseous Spectrum. A bright line, much brighter than the part of the principal spectrum where it occurs, coincides with Fraunhofer's *F*. At rather more than one fourth of the distance between *F* und *G*, a second and less brilliant line was seen. Beyond this line and at less than a third of its distance from *F*, a third bright line still fainter, and either double or nebulous, was observed. I fourth bright line was seen by glimpses in the more refrangible part of the spectrum. In the red, in the position of Fraunhofer's *C*, a bright red band was seen.

„It is well known that *C* and *F* of the solar spectrum coincide with lines of hydrogen. On the evening of the 17 inst., I observed the lines of hydrogen heated by the induction spark, in the instrument simultaneously with the bright lines of this remarkable star. The brightest line coincided with the centre of the indefined hydrogen line in the green. On account of the faintness of the stellar spectrum the coincidence of the red band could not be determined with certainly, but is appeared to agree in position in the spectrum with the red line of hydrogen. If hydrogen be really the gas from which the lines of this star emanate, the conditions, under which it has become luminous are probably different from those of terrestrial flames. The line in the star is brilliant and well defined at the edges, but the green line of hydrogen is usually more expanded and less luminous than the strong red line, which characterizes the spectrum of this gas. The faint line seen by glimpses in the more refrangible part of the spectrum of the star, may correspond with the blue line of hydrogen.

„The observation that the bright lines of this star are more brilliant, than the corresponding parts of the continuous spectrum over which they fall, appears to indicate that the gas from which the light represented by the bright lines emanates is at a much higher temperature than the photosphere of the star."

Die Erklärung der beiden Spectra durch Huggins und Miller, wonach sich aus dem Innern jenes Fixsterns plötzlich eine grosse Menge Wasserstoff entwickelt habe, der, in Brand gerathend, die feste Masse zum Glühen erhitzte: halte

Digitized by Google

ich für entschieden unrichtig. Eine plötzliche Entwickelung von Wasserstoff in so bedeutenden Quantitäten, wie sie hier erforderlich sind, ist an und für sich wenig wahrscheinlich, bei einem von jeher gleich unserer Sonne leuchtenden Fixsterne, der demnach stets eine ungemein hohe Temperatur besass, aber unmöglich. Dahingegen ist die Ansicht, dass das plötzliche Auflodern des Sternes in der Krone durch Herabsturz einer gewaltigen Körpermasse, vielleicht eines Planeten, auf jenen Fixstern hervorgebracht wurde, wobei die Körperbewegung in Atombewegung, in Wärme und Licht umgesetzt ward, weit wahrscheinlicher, ja fast kaum abzuweisen.

Wenn es eben als wahrscheinlich bezeichnet wurde, dass in dem Auflodern des Sternes in der Krone sich für uns ein grosses kosmisches Phänomen darstellte, welches schon von Newton als „Brand und Zerstörung eines Weltkörpers" bezeichnet ward: so muss doch daran erinnert werden, dass bei dem dermaligen Zustande des Wissens, diese Deutung nicht sofort einseitig auf alle neu erschienenen Sterne übertragen werden darf. Allerdings muss man eine ähnliche Erklärung für alle plötzlich auflodernden Sterne, wie z. B. jenen in der Cassiopeia, die nach kurzem Leuchten gewissermaassen flackernd wieder verlöschen, als die wahrscheinlich passendste bezeichnen; allein es ist nicht zu bestreiten, dass in anderen Fällen Veränderlichkeit von sehr langer Periodicität mit thätig sein kann.

Betrachtet man die örtliche Vertheilung der neuen Sterne an der Himmelsdecke, so weit die fragmentarischen Nachrichten der frühern Zeit dies gestatten, so erkennt man, dass die meisten in der Nähe der grossen Gabelung der Milchstrasse zwischen den Constellationen des Adlers und des Skorpions aufleuchteten, also in der Richtung, nach welcher hin im Allgemeinen sich unser Sonnensystem durch den Raum bewegt. Schon Humboldt wirft im Kosmos die Fragen auf: „Darf man aus der Frequenz des Aufloderns in denselben Constellationen folgern, dass in gewissen Richtungen des Weltraumes, z. B. in denen, in welchen wir die Sterne des Skorpions und der Cassiopeia sehen, die Bedingungen des Aufstrahlens durch örtliche Verhältnisse besonders begünstigt werden? Liegen nach diesen Richtungen hin vorzugsweise solche Gestirne, welche zu explosiven, kurzzeitigen Lichtprocessen geeignet sind? Die Anzahl der mit Sicherheit erkannten neuen Sterne ist nicht gross genug, um das Zufällige der optischen Gruppirung von demjenigen mit Sicherheit trennen zu können, was als ursächliches Princip die örtliche Richtung und Lage des auflodernden Gestirns bedingt". (Kosmos, Bd. III, S. 231.)

Wenn man die Ursache der eigentlich auflodernden Fixsterne in dem Herabsturze gewaltiger Körpermassen, in der Umsetzung von Massenbewegung in Molecularbewegung erblickt: so wird man geneigt, die Grösse, den mechanischen Effect des Phänomens, nicht sowohl nach der Maximal-

Digitized by Google

intensität des Lichtes der Nova, als vielmehr nach der Dauer des Leuchtens abzuschätzen. Hiernach sind die gewaltigsten Erscheinungen: Kepler's Stern im Schwan und der Stern von Anthelme am Kopfe des Fuchses. Der letztere war bloss von der dritten Grösse, aber auch der erstgenannte erreichte aufleuchtend nicht den strahlenden Glanz des berühmten Tychonischen Sternes. Nach dem genannten Princip ist es wahrscheinlich, dass uns die wichtigsten und interessantesten Erscheinungen neuer Sterne bisher leider entgehen mussten. Die Vervollkommnung der Sternkarten erweckt bessere Hoffnungen für die Zukunft.

Digitized by Google

Die Eigenbewegungen der Fixsterne.

Die Veränderlichkeit des Lichtes, der Farben- und Helligkeitswechsel der Fixsterne, ist es keineswegs allein, welcher den Anblick der gestirnten Himmelsdecke in den verschiedenen Jahrtausenden verschieden erscheinen lässt. In Folge der eigenen Bewegungen, welche gegenwärtig bei einer sehr grossen Anzahl von Fixsternen bereits erkannt und ihren numerischen Werthen nach, annähernd bestimmt, bei allen aber als theoretisch nothwendig anzunehmen sind: verändern sich im Laufe der Zeit die Gruppirungen der Gestirne, welche, nach der kindlichen Ansicht der Alten, an der Himmelssphäre „eingeheftet" sein sollten; es zerreissen die Banden der uralten Sternconstellationen. Der glänzende Sirius hat seit den Tagen der Erbauung Roms seinen Ort am Himmel um mehr als anderthalb Vollmondbreiten verändert; der helle Stern im Ochsenhüter, α Bootis, um mehr als drei Vollmondbreiten und α im Centauren fast um fünf. Der merkwürdige Doppelstern Nr. 61 im Schwan würde, falls seine gegenwärtige Eigenbewegung seiner scheinbaren mittlern entspricht, in 250 000 Jahren den ganzen Himmel umwandern. Die bedrückende Grösse dieser Periode tritt überwältigend hervor durch die Geringfügigkeit der Maasseinheit, die wir, in der Umlaufsdauer der Erde um die Sonne, zum Grunde legen. Dennoch verweilt der menschliche Geist mit einer Art von Wohlgefallen bei der Betrachtung solcher ungeheuren Perioden; und von einem eigenthümlichen Reize umhüllt erscheint der Gedanke an den Ocean der Zeit, der hinwegrauscht zwischen dem Zusammentreten der vier Sterne des südlichen Kreuzes zu dieser schönen Constellation und dem Zerreissen derselben; der Jahresfülle, die verfliessen wird, bis das Sternbild der nördlichen Krone zerfallen oder der Gürtel des Orion aufgelöst ist.

Halley war der Erste, der eine Ortsveränderung einzelner Fixsterne ahnte, nachdem Riccioli früher aus einer rohen Zusammenstellung älterer und neuerer Alignements sich für eine absolute Unbeweglichkeit derselben ausgesprochen hatte. (Ricc. Astr. reform. 1665.) Halley entwickelte

Digitized by Google

seine Behauptungen in den Philos. Transact. von 1717 bis 1719 (Bd. XXX.), wo er durch Vergleichung der neueren Positionen mit jenen des Hipparchisch-Ptolemäischen Catalogs, für Sirius, Arctur und Aldebaran eine entschiedene Aenderung ihrer Breiten nachzuweisen suchte. Jacob Cassini zeigte Analoges aus der Vergleichung der Breiten des Arctur, welche Richer 1672 gemessen, und den eigenen Beobachtungen bis 1738. Er fand später das Gleiche auch für die Längen. (Lalande, Astronomie §. 2773 und 2779. Memoiren der Pariser Akad. d. Wissensch. 1738). Diesen ersten Anfängen folgten bald grössere und schärfere Untersuchungen, bei welchen hauptsächlich die ausgezeichneten Beobachtungen Römer's zum Ausgangspunkte genommen wurden. Auf diese Weise erhielten Tobias Mayer und Maskelyne Werthe für die Eigenbewegungen einer Anzahl von Fixsternen, deren Bedeutung heute freilich nur eine verschwindend geringe ist. (Tob. Mayer, Oper. ined. vol. I.). In der Memorie dell' instituto nazionale Italiano 1804, gab Piazzi die Ableitung der Eigenbewegungen von 300 Fixsternen; allein diese Arbeit wurde weit überflügelt von den wichtigen Untersuchungen William Herschel's und Prévot's. Diese Untersuchungen erschienen in den Philos. Transact. von 1783, 1805 und 1806, sowie in den Memoiren von Berlin 1801. Diese Arbeiten zeigten, dass die scheinbaren Eigenbewegungen der Fixsterne als Resultat der wahren Bewegung derselben im Raume und der Bewegung unseres eigenen Sonnensystems zu betrachten sind, für unsern Standpunkt natürlich mit Rücksicht auf die optische Projection am Himmelsgewölbe. Die erste Ahnung einer translatorischen Bewegung unseres Sonnensystems, findet sich (mit Uebergehung einer gelegentlichen Vermuthung Fontenelle's) bei Bradley. In seiner merkwürdigen Abhandlung über die Nutation sagte 1748 dieser grosse Beobachter:

„Wenn man erkennt, dass unser Planetensystem seinen Ort im Raume verändert, so kann daraus in der Zeitfolge eine scheinbare Variation in der Winkeldistanz der Fixsterne sich ergeben. Da nun in diesem Falle die Position der uns näheren Gestirne mehr als die der entfernteren betheiligt ist, so werden die relativen Stellungen beider Classen von Gestirnen zu einander verändert scheinen, obgleich eigentlich alle unverändert geblieben sind. Wenn dagegen unser Sonnensystem in Ruhe ist und einige Sterne sich wirklich bewegen, so werden sich auch ihre scheinbaren Positionen verändern, und zwar um so mehr, als die Bewegungen schneller sind, als die Sterne in einer günstigern Lage und in kleinerer Entfernung von der Erde sich befinden. Die Veränderung der relativen Positionen kann von einer so grossen Zahl von Ursachen abhängen, dass vielleicht viele Jahrhunderte hingehen werden, ehe man das Gesetzliche erkennt."

Tobias Mayer bemerkt in der berühmten Abhandlung de motu fixarum proprio, in welcher er durch Vergleichung eigener mit den Beobachtungen Olaus Römer's die Eigenbewegungen von 86 Fixsternen feststellte: „Da man mich nach dem Grunde dieser Bewegung fragen

Digitized by Google

kann, so will ich nur das Eine bemerken, dass sich dieselbe nicht durch eine Fortbewegung unseres ganzen Sonnensystems erklären lässt, obgleich ich nicht die Möglichkeit leugne, dass die Sonne, insofern sie ebenfalls ein Fixstern ist, im Weltraum fortrücken kann. Wenn nämlich die Sonne und mit ihr zugleich alle Planeten und unser Wohnsitz, die Erde, sich in gerader Linie auf irgend einen Punkt hinbewegten, so müssten alle in dieser Richtung befindlichen Sterne auseinander zu rücken scheinen, und die auf der gegenüberstehenden Seite sich einander nähern, genau so wie sich in einem Walde die Bäume, auf welche man zugeht, von einander zu entfernen scheinen, während die rückwärts befindlichen sich einander nähern. Die Bewegungen in unseren Tafeln lassen aber bei genauerer Betrachtung einen solchen gesetzmässigen Zusammenhang keineswegs erkennen" (Th. Mayeri opera inedita. Vol. I, p. 79). Uebrigens hat das Mayer'sche Verzeichniss der Eigenbewegung, den Untersuchungen von Herschel und Prévot über die Richtung der Sonnenbewegung als Grundlage gedient. Obgleich Beider Endresultate nur wenig von einander abweichen, indem Prévot das Sternbild der nördlichen Krone als dasjenige bezeichnete, gegen welches hin sich die Sonne bewegt, so wurden diese Ergebnisse dennoch, und wie man gestehen muss, damals nicht ohne Grund, mit grossem Misstrauen aufgenommen.

Herschel hielt indess, besonders gegenüber den Einwürfen von Maskelyne, seine Bestimmungen aufrecht und gab zuletzt (für 1800,0)

Rectascension: 260° 44′. Nördliche Declination: 26° 16′.

als den wahrscheinlichsten Punkt an, gegen welchen hin sich unser Sonnensystem bewegt. Die Mangelhaftigkeit der damals bekannten Eigenbewegungen war es hauptsächlich, welche Lindenau, Encke und besonders Bessel bewog, sich gegen das Resultat Herschel's zu erklären.

Seit jener Zeit hat die Kenntniss der Eigenbewegungen der Fixsterne bedeutend zugenommen; durch Vergleichung der neueren Positionsbestimmungen mit denjenigen Bradley's um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, sind bereits jetzt Werthe für die Eigenbewegung einer grossen Anzahl von Fixsternen ermittelt worden, deren Genauigkeit ausreicht, um weitere Schlüsse darauf zu bauen. Die Untersuchungen von Argelander in Abo haben schon vor 1837 die säcularen Eigenbewegungen von etwa einem halben Tausend Sternen mit verhältnissmässig grosser Schärfe ergeben. (Argelander, über die eigene Bewegung des Sonnensystems, 1837). Die umfassendsten Untersuchungen über die Eigenbewegungen der Fixsterne hat seit 1848 Mädler angestellt und theils in seinen „Untersuchungen über die Fixsternsysteme", theils im 14. Bande der Dorpater Beobachtungen publicirt. Bei dieser wichtigen Arbeit wurden sämmtliche Bradley'schen Sterne (3222 an der Zahl) mit sämmtlichen älteren und neueren Meridianbeobachtungen verglichen, um möglichst scharfe Oerter und Eigenbewegungen für sie zu ermitteln. Die Ortsbestimmungen sind auf 1850,0 reducirt. Diese Untersuchungen Mädler's

Digitized by Google

sind gegenwärtig als die Hauptquelle unserer Kenntnisse der Eigenbewegungen der Fixsterne zu betrachten; erst das nächste Jahrhundert wird sie bedeutend erweitern können. Von den durch Mädler ermittelten Eigenbewegungen stelle ich in dem umstehenden Cataloge nur diejenigen der Sterne der fünf ersten Grössenclassen zusammen, welche jährlich mindestens 0,1″ betragen. (Beob. auf d. Sternw. Dorpat Bd. XIV, S. 203 u. ff.)

Säculare Eigenbewegungen der Sterne 1. bis 5. Grösse, welche 10″ übersteigen. Nach den Rechnungen von J. H. Mädler.

Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren	Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren
		γ Ursae majoris	13,2″
I. Grösse.		δ Leonis	23,6
α Tauri	21,1″	β Leonis	51,5
α Aurigae	43,8	γ Ursae majoris . . .	11,0
α Canis majoris . . .	125,2	γ Corvi	13,6
α Canis minoris . . .	132,8	δ Corvi	21,3
α Leonis	24,8	ε Ursae majoris . . .	14,9
α Bootis	225,8	ζ Ursae majoris . . .	17,1
α Lyrae	34,9	η Ursae majoris . . .	10,7
α Aquilae	66,0	α Coronae	14,2
α Piscis austr.	39,7	α Serpentis	17,5
		η Ophiuchi	10,3
Südlichere.		α Ophiuchi	22,9
α Eridani	41,6	β Pegasi	24,6
β Argus	19,3	α Pegasi	19,6
α Crucis	16,5		
α Centauri	367,4	Südlichere.	
		ι Argus	10,5
II. Grösse.		γ Crucis	20,0
α Andromedae	20,4	α Pavonis	11,3
β Cassiopeiae	58,7	α Gruis	16,2
β Ceti	21,0		
β Andromedae	24,7	III. Grösse.	
α Arietis	24,6	δ Andromedae	17,1
α Ceti	12,7	α Cassiopeiae	12,6
β Tauri	20,8	η Ceti	26,0
α Geminorum	18,2	δ Cassiopeiae	30,7
β Geminorum	62,4	ϑ Ceti	21,6
γ Leonis	32,3	τ Ceti	189,9

Digitized by Google

Säculare Eigenbewegungen der Sterne 1. bis 5. Grösse, welche 10″ übersteigen. Nach den Rechnungen von J. H. Mädler.

Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren	Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren
ζ Ceti	11,5″	β Serpentis	11,6″
β Arietis	13,8	ε Serpentis	18,4
β Trianguli	15,2	ϑ Centauri	91,8
ο Ceti	25,8	δ Ophiuchi	15,1
γ Ceti	19,2	η Draconis	10,1
η Eridani	25,5	ζ Herculis	57,7
χ Eridani (Dalim)	71,9	η Herculis	10,0
ε Eridani	96,7	δ Herculis	15,8
δ Eridani	72,8	ε Scorpii	59,8
γ Eridani	11,6	κ Ophiuchi	31,2
β Eridani	11,3	ι Herculis	12,5
β Leporis	11,3	β Ophiuchi	16,7
μ Geminorum	15,2	μ Herculis	79,4
ε Hydrae	15,7	ξ Draconis	14,4
ο Ursae majoris	18,2	γ Sagittarii	23,5
ι Ursae majoris	52,5	η Serpentis	90,4
ϑ Aurigae	12,5	ε Sagittarii	14,5
40 Lyncis	24,6	λ Sagittarii	19,7
κ Ursae majoris	12,2	ζ Aquilae	11,3
h Ursae majoris	11,6	δ Draconis	13,1
ϑ Ursae majoris	113,3	δ Aquilae	27,1
λ Ursae majoris	20,1	ϑ Aquilae	12,7
ν Hydrae	22,9	β Delphini	10,6
ψ Ursae majoris	11,7	γ Delphini	19,8
ρ Hydrae	10,6	ε Cygni	50,6
[illegible] Crateris	20,6	α Cephei	16,3
[illegible] Virginis	80,5	δ Capricorni	38,2
[illegible] Ursae majoris	15,0	ϑ Pegasi	30,1
[illegible] Virginis	53,6	ζ Aquarii	18,2
[illegible] Virginis	46,6	γ Cephei	16,1
Canum	24,6		
Virginis	25,9	Südlichere.	
Virginis	27,8	β Hydri	205,9
Bootis	36,9	α Phönicis	44,5
Bootis	14,8	γ Phönicis	25,7
Bootis	16,7	α Hydri	21,7

Digitized by Google

Säculare Eigenbewegungen der Sterne 1. bis 5. Grösse.

Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren	Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren
δ Argus	15,9″	δ Arietis	17,8″
μ Argus	10,9	ϱ Persei	16,2
δ Centauri	10,4	$\varkappa$ Persei	23,3
γ Centauri	21,3	τ^2 Eridani	18,0
ι Centauri	30,0	o Tauri	10,2
ε Centauri	12,6	ε Tauri	56,9
α Lupi	10,5	τ^6 Eridani	55,6
β Lupi	15,8	τ^8 Eridani	17,0
β Columbae	40,1	ϑ^1 Tauri	10,0
γ Trianguli austr.	10,0	74 Tauri	12,7
β Trianguli austr.	43,5	ϑ^2 Tauri	12,0
η Scorpii	31,7	v^6 Eridani	27,5
β Arae	12,2	53 Eridani	19,5
α Arae	11,6	π^1 Orionis	44,2
β Sagittarii	13,0	ε Leporis	10,2
α Indi	12,5	γ Leporis	43,7
γ Pavonis	74,3	δ Leporis	70,1
β Gruis	21,3	η Leporis	12,9
		δ Aurigae	14,1
IV. Grösse.		λ Canis majoris	10,5
ε Andromedae	31,7	ϑ Canis majoris	10,0
ζ Andromedae	11,0	11 Monocerotis	10,5
η Cassiopeiae	122,5	ξ^2 Geminorum	23,3
ϑ Cassiopeiae	11,6	ι Geminorum	11,8
τ Piscium	13,9	v Geminorum	10,0
50 Andromedae	41,4	γ Monocerotis	10,1
51 Andromedae	13,2	γ Cancri	10,6
o Andromedae	11,0	δ Cancri	24,0
α Trianguli	22,1	n Ursae majoris	52,6
γ Arietis	11,1	v Ursae majoris	33,8
50 Cassiopeiae	21,7	ξ Ursae majoris	73,8
v Ceti	12,5	χ Ursae majoris	10,1
ϑ Persei	35,0	ϑ Hydrae	35,5
μ Ceti	25,3	ι Hydrae	11,2
τ Eridani	34,7	λ Hydrae	20,1
41 Arietis	13,4	μ Hydrae	16,1

Digitized by Google

welche 10″ übersteigen. Nach den Rechnungen von J. H. Mädler.

Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren	Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren
χ^1 Hydrae	16,1″	ν^2 Draconis	16,7″
π Hydrae	15,0	φ^1 Draconis	27,7
o Leonis	20,6	χ Draconis	69,0
μ Leonis	25,3	γ Ophiuchi	10,7
ι Leonis	19,7	ν Ophiuchi	11,0
α Leonis minoris	15,6	70 Ophiuchi	110,8
46 Leonis minoris	25,6	109 Herculis	33,7
α Crateris	40,6	110 Herculis	36,2
β Crateris	11,7	111 Herculis	12,0
ξ Crateris	13,8	1 Aquilae	34,9
ν Virginis	19,8	ε Aquilae	10,4
o Virginis	19,1	39c Sagittarii	10,5
$\varkappa$ Virginis	14,5	τ Sagittarii	24,9
ι Virginis	44,5	ϱ^1 Sagittarii	16,2
γ Comae	12,8	α Vulpeculae	16,1
α Comae	45,0	ι^2 Cygni	10,5
β Comae	117,4	ψ Capricorni	16,8
β Canum	78,9	ϑ Capricorni	11,6
$1i$ Centauri	48,1	γ Capricorni	22,3
$3k$ Centauri	11,6	η Cephei	82,8
$\varkappa$ Bootis	13,2	ι Cephei	15,8
λ Bootis	20,0	α Equulei	10,7
ι Bootis	16,6	ν Aquarii	10,7
ϑ Bootis	48,3	ϑ Aquarii	13,3
ϱ Bootis	16,7	γ Aquarii	13,4
μ Virginis	36,2	φ Aquarii	18,7
ξ Bootis	20,3	ω^2 Aquarii	10,6
ψ Bootis	14,2	τ Cygni	49,4
3 Coronae	14,7	μ Cygni	35,4
λ Serpentis	17,7	1 Pegasi	14,9
χ Herculis	72,9	ι Pegasi	30,8
γ Serpentis	131,6	μ Pegasi	15,4
ζ Ursae minoris	11,7	ϱ Cygni	10,2
ν Scorpii	45,6	β Lacertae	19,1
λ Ophiuchi	11,1	α Lacertae	13,5
ν^1 Draconis	17,0	ε Piscis austr.	12,0

Digitized by Google

Säculare Eigenbewegung der Sterne 1. bis 5. Grösse,

Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren	Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren
γ Piscium	73,8″	54 Eridani	12,7″
ϑ Piscium	13,0	19 Leporis	11,1
ι Piscium	60,9	ξ^2 Canis majoris	13,9
ω Piscium	17,5	28 Monocerotis	15,0
		τ^1 Hydrae	14,1
Südlichere.		φ^3 Hydrae	15,2
χ Eridani	62,4	b^3 Hydrae	14,2
ϑ Eridani	10,0	ζ Corvi	10,5
β Reticuli	23,8	η Corvi	43,3
τ Argus	10,2	53 Virginis	34,0
σ Argus	16,8	61 Virginis	144,5
α Equulei Pict.	33,0	69 Virginis	14,6
α Piscis volant.	13,9	89 Virginis	10,5
λ Centauri	22,8	v^1 Virginis	12,6
ε Crucis	25,5	g^2 Centauri	13,2
γ Muscae	10,5	16 Librae	13,4
β Muscae	15,7	ε Librae	19,7
ι Lupi	14,5	37 Librae	39,5
δ Arae	11,3	30 Ophiuchi	13,8
η Pavonis	17,6	36 Ophiuchi	123,0
ζ Pavonis	18,1	ξ Ophiuchi	35,6
ε Pavonis	162,8	44 Ophiuchi	12,1
β Telescopii	22,5	45 Ophiuchi	14,9
α Sagittarii	17,9	(2313) Br.	10,2
γ Gruis	14,2	$\varkappa$ Librae	12,2
		ϑ Librae	18,1
V. Grösse.		20 Ophiuchi	13,1
6 Ceti	27,2	ν^2 Sagittarii	12,1
χ Ceti	16,9	56 Sagittarii	16,8
σ Ceti	14,6	58 Sagittarii	23,6
ε Ceti	29,1	26 Aquilae	12,6
94 Ceti	25,6	36 Aquilae	10,4
τ^2 Eridani	10,0	69 Aquilae	12,3
39 Eridani	18,9	1 Aquarii	14,7
o^2 Eridani	409,1	4 Piscis austr.	11,1
51 Eridani	12,2	33 Capricorni	12,4

Digitized by Google

welche 10″ übersteigen. Nach den Rechnungen von J. H. Mädler.

Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren	Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren
36 Capricorni	17,6″	σ Geminorum	25,0″
42 Capricorni	32,0	ζ Cancri	14,9
ξ Aquarii	11,6	2 Sextantis	17,2
41 Capricorni	11,8	22 Leonis	18,8
$\varkappa$ Capricorni	12,6	31 Leonis	12,7
μ Capricorni	35,4	41 Leonis minoris . .	10,2
ι Piscis austr.	12,0	59 Leonis	26,4
μ Piscis austr.	16,4	45 Bootis	21,1
$\varkappa$ Aquarii	14,3	5 Serpentis	58,9
ψ Aquarii	38,5	σ Serpentis	16,0
98 Aquarii	15,6	29 Herculis	20,8
107 Aquarii	17,1	66 Herculis	10,1
27 Piscium	10,2	93 Herculis	12,7
χ Pegasi	10,7	101 Herculis	19,5
ζ Piscium	13,9	11 Aquilae	10,8
μ Piscium	30,0	31 Aquilae	100,6
107 Piscium	73,4	μ Aquilae	27,0
λ Arietis	12,2	ξ Aquilae	20,6
η Arietis	15,5	16 Vulpeculae	11,1
38 Arietis	17,2	η Sagittae	11,2
λ Ceti	10,3	$\varkappa$ Delphini	33,6
$\varkappa$ Ceti	27,9	1 Equulei	18,4
37 Tauri	11,0	γ Equulei	21,8
δ^3 Tauri	14,0	δ Equulei	31,7
v^1 Tauri	17,4	ν Pegasi	16,3
ϱ Tauri	15,3	ξ Pegasi	52,6
90 Tauri	10,9	σ Pegasi	53,4
104 Tauri	53,6	ϱ Pegasi	10,1
π^3 Orionis	11,2	v Pegasi	20,7
π^4 Orionis	15,8	78 Pegasi	11,1
φ^2 Orionis	33,5	$\varkappa$ Piscium	16,2
χ^1 Orionis	19,7	λ Piscium	22,3
1 Geminorum	10,0	41 Andromedae . . .	16,5
$\varkappa$ Aurigae	23,0	ω Andromedae . . .	36,6
74 Orionis	22,3	56 Andromedae . . .	16,9
γ Canis min.	12,5	58 Andromedae . . .	13,7

Digitized by Google

Säculare Eigenbewegungen der Sterne 1. bis 5. Grösse, welche 10″ übersteigen. Nach den Rechnungen von J. H. Mädler.

Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren	Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren
12 Persei	19,2″	90 Herculis	15,5″
16 Persei	22,5	99 Herculis	11,0
43 Persei	19,1	30 Draconis	20,3
9 Aurigae	17,8	54 Draconis	11,3
16 Aurigae	15,7	4 Draconis	10,0
λ Aurigae	84,0	19 Draconis	25,1
58 Aurigae	12,9	27 Draconis	11,0
15 Lyncis	17,8	ω Draconis	29,4
31 Lyncis	10,9	35 Draconis	22,9
ϱ Geminorum	24,4	41 Draconis	10,6
o Geminorum	14,0	36 Draconis	35,7
15 Ursae majoris	15,1	42 Draconis	11,1
15 Leonis	10,4	τ Draconis	17,3
15 Leonis minoris	18,0	8 Draconis	192.5
19 Leonis minoris	13,8	π Lyrae	10,3
20 Leonis minoris	61,4	17 Lyrae	11,6
36 Ursae majoris	11,0	9 Cygni	25,0
47 Ursae majoris	32,2	χ Cygni	43,3
61 Ursae majoris	40,1	29 Cygni	10,0
67 Ursae majoris	32,3	56 Cygni	17,7
80 Ursae majoris	15,5	61 Cygni	522,1
5 Ursae majoris	14,0	71 Cygni	11,6
τ Ursae majoris	12,2	72 Cygni	17,4
38 Ursae majoris	10,0	ε Cephei	46,1
20 Canum	11,4	9 Lacertae	11,9
24 Canum	12,0	3 Andromedae	21,9
σ Bootis	26,7	7 Andromedae	11,4
ι Bootis	39,3	ψ Andromedae	17,9
φ Bootis	10,0	48 Cassiopeiae	10,7
η Coronae	22,9	47 Cassiopeiae	21,2
κ Coronae	36,7	η Ursae minoris	24,7
τ Coronae	36,2	τ Cephei	18,1
ξ Coronae	14,5	16 Cephei	21,5
53 Herculis	10,4	ξ Cephei	25,7
72 Herculis	104,5	31 Cephei	15,7

Digitized by Google

Stellt man aus diesem Verzeichnisse die Sterne zusammen, deren säculare Eigenbewegung 100″ übersteigt, so findet man die folgenden:

Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren	Name des Sternes	Eigenbewegung in 100 Jahren
1. Classe.		5. Classe.	
α Canis majoris	125,2″	o^2 Eridani	409,1″
α Canis minoris	132,8	61 Virginis	144,9
α Bootis	225,8	36 Ophiuchi	123,0
α Centauri . . . . . (nicht im Cataloge.)	367,4	31 Aquilae	100,6
		72 Herculis	104,5
(3 Sterne unter 20 des Catalogs.)		61 Cygni	522,1
		σ Draconis	192,5
2. Classe.		(7 Sterne unter 690.)	
(Kein Stern unter 60.)			
3. Classe.		6. Classe.	
τ Ceti	189,8	μ Cassiopeiae	383,3
9 Ursae majoris . . .	113,3	δ Trianguli	119,9
β Hydri	205,9	(3077) Br.	208,8
(3 Sterne unter 200.)		85 Pegasi	130,3
4. Classe.		20 Crateri	118,0
η Cassiopeiae	122,5	(5 Sterne unter 994.)	
β Comae	117,4	7. Classe.	
γ Serpentis	131,6		
70 Ophiuchi	110,5	30 Scorpii	123,3
ε Pavonis	162,8	(1 Stern unter 921.)	
(5 Sterne unter 348.)			

Sehr beträchtliche Eigenbewegungen finden sich demnach als Ausnahmen unter den Fixsternen 1. Grösse häufiger als unter denjenigen von geringerem Glanze. Bei den höheren Grössenclassen, also bei geringerer Helligkeit, trifft man auf starke Eigenbewegung um so seltener, je geringer die Helligkeit ist. Wir haben daher Grund zu der Annahme, dass unter den teleskopischen Sternen der höheren Grössenclassen von der 7. an nur noch ausnahmsweise hier und da ein Stern von mehr als 100″ säcularer Eigenbewegung wird angetroffen werden.

Die stärkste Eigenbewegung zeigt Nr. 1830 des Cataloges der Circumpolarsterne von Groombridge mit 7,01″ jährlich, an ihn schliesst sich Nr. 61 Schwan mit 5,221″, darauf (nach Argelander) Nr. 21185 Lalande mit 4,734″, ε Indi mit 4,51″ und o^2 Eridani mit 4,091″.

Mädler hat auf Grund seiner umfassenden Rechnungen die Eigen-

Digitized by Google

bewegungen mit Rücksicht auf die Helligkeit der Sterne untersucht. Er findet unter Zugrundelegung hauptsächlich von Argelander's Uranometrie für die Bradley'schen Sterne:

1. und 2. Grösse :	65	Sterne	mit	durchschnittlich	22,22″	säcul.	Beweg.
3. „	154	„	„	„	16,83	„	„
4. „	312	„	„	„	13,72	„	„
5. „	690	„	„	„	11,09	„	„
6. „	994	„	„	„	9,05	„	„
7. „	921	„	„	„	8,65	„	„

Für die vier ersten Grössenclassen konnten die Eigenbewegungen der Sterne jenseits 30° südlicher Declination aus Lacaille's und Johnson's Beobachtungen verhältnissmässig sicher entnommen werden und Mädler findet für die südlichen Sterne:

1. und 2. Grösse :	15	Sterne	mit	durchschnittlich	36,89″	säcular.	Beweg.
3. „	46	„	„	„	18,02	„	„
4. „	36	„	„	„	17,49	„	„

Es scheint hiernach, als wenn den südlichen Sternen im Allgemeinen eine etwas bedeutendere Eigenbewegung zukomme, als den nördlichen. Indess ist dieser Schluss, wegen der zur Zeit noch sehr geringen Zahl der sicher bestimmten Eigenbewegungen des südlichen Himmels, nur mit Vorsicht zu ziehen. Im Allgemeinen ergaben sich für die vier ersten Helligkeitsclassen folgende mittleren Eigenbewegungen:

1. und 2. Grösse	(aus	80 Sternen) :	25,09″
3. „	(„	200 „) :	17,10
4. „	(„	348 „)	14,18

Nimmt man die Vertheilung der Sterne im Raume als gleichförmig an, so lässt sich aus der Häufigkeit des Vorkommens der Fixsterne verschiedener Grössen, die den einzelnen Helligkeitsclassen zukommende durchschnittliche Entfernung berechnen. Eine derartige Berechnung hat Struve 1827 in der Einleitung zu seinem Catalogus stellarum duplicium, gestützt auf Harding's Sternkarten, gegeben; sie stimmt im Wesentlichen mit einer spätern Rechnung, die derselbe Astronom in seinen Etudes d'astronomie stellaire gab, überein. Fasst man die 1. und 2. Grössenclasse zusammen, so ergibt sich aus Struve's erster Rechnung folgende Tafel der relativen Distanzen der Fixsterne der verschiedenen Grössenclassen (Beob. d. Sternw. Dorpat Bd. XIV, S. 217):

1. und 2.	Classe.	Entfernung:	1
3.	„	„	1,89
4.	„	„	2,76
5.	„	„	4,00
6.	„	„	5,78
7.	„	„	8,32

Betrachtet man dagegen die wahren Eigenbewegungen als durchschnittlich gleich und die scheinbare Verschiedenheit bloss durch die Entfernung bedingt, so ergeben sich folgende Distanzen:

Digitized by Google

1. und 2.	Classe.	Entfernung: 1,00
3.	„	„ 1,32
4.	„	„ 1,62
5.	„	„ 2,00
6.	„	„ 2,45
7.	„	„ 2,56

Ferner müssten unter der Voraussetzung, dass die wahren Eigenbewegungen durchschnittlich in allen Himmelsgegenden gleich stark sind, bei gleicher Vertheilung am Himmel bis zu 30° südlicher Declination gefunden werden:

Sterne 1. und 2.	Grösse	65 (die wirkliche Anzahl)
3.	„	68
4.	„	115
5.	„	208
6.	„	202
7.	„	83

Die absolute Unvereinbarkeit dieser Zahlen mit der wirklichen Sternmenge, beweist die Unrichtigkeit der Voraussetzung durchschnittlich gleich starker Eigenbewegungen. Andererseits kann aber auch die Hypothese einer gleichen Vertheilung der Sterne durch den Raum nicht ohne Weiteres als völlig richtig bezeichnet werden. „Erst die Zukunft," bemerkt Mädler sehr richtig, „wird entscheiden können, ob die Massenfülle oder andererseits die specifische Leuchtkraft für alle Himmelsgegenden in so weit gleichgesetzt werden kann, dass man berechtigt ist, die etwa vorkommenden Abweichungen als local zu betrachten". —

Der Versuche Herschel's, die Richtung der Sonnenbewegung zu ermitteln, wurde bereits oben gedacht; Gauss erhielt später für den Punkt, gegen den hin sich unsere Sonne bewegt:

Rectascension 259° 10′, Declination + 30° 50′.

Die genaueren Untersuchungen von Argelander (Astr. Nachr. Nr. 363, 364), bei welchen die Quantität der Eigenbewegung als Eintheilungsprincip bei der Berechnung angewandt wurde, ergaben:

aus 21 Sternen v. mehr als 1″ jährl. Beweg.:	AR:	256°	25,1′,	D:	+38°	37,2′	für 1792,5
„ 50 „ zwisch. 0,5″ u. 1,0″ „	„	255	9,7		38	34,3	
„ 319 „ „ 0,2″ „ 0,5″ „	„	261	10,7		30	58,1	

Lundahl fügte (Astr. Nachr. Nr. 398) diesen noch 147 von Pond beobachtete Sterne hinzu, deren jährliche Eigenbewegung zwischen 0,2″ und 0,08″ beträgt. Aus diesen ergab sich für den in Rede stehenden Punkt des Himmels: AR. 252° 24,2′, D. + 14° 26,6′ für 1792,5. Mit Rücksicht auf die Gewichte geben die genannten vier Werthe das mittlere Resultat:

AR. 257° 49,7′ ± 2° 49,2′, Decl. + 28° 49,7′ ± 1° 59,8′ für 1792,5
oder AR. = 257° 54′, D = + 28° 49′ für 1800.

Digitized by Google

Aus 392 in Dorpat beobachteten, zum grossen Theile aber mit denjenigen Argelander's und Lundahl's identischen Sternen fand Otto Struve:

AR. 261° 21,8′, D. + 37° 36,0′ (für 1790).

Diese, im Allgemeinen sehr befriedigend übereinstimmenden, Werthe haben eine schöne Bestätigung durch die wichtige Untersuchung erhalten, welche Galloway ausschliesslich auf Sterne der südlichen Hemisphäre stützte. (Phil. Trans. 1847, p. 98). Aus diesen Rechnungen, welche auf der Vergleichung der alten Bestimmungen von Lacaille und Bradley mit den neueren Beobachtungen von Johnson auf St. Helena und Henderson am Cap der guten Hoffnung beruhen, folgt (für 1790):

AR. 260° 1′, D. + 34° 23′.

Mädler hat nach dem Vorgange von Argelander das Gesammtmaterial der von ihm ermittelten Eigenbewegungen, welche 0,04″ jährlich übersteigen, in drei Classen geordnet, und aus jeder einzelnen den Punkt Q abgeleitet, gegen welchen hin sich unser Sonnensystem bewegt. Er findet (Beob. d. Sterw. Dorpat Bd. XIV, S. 225):

a. 227 Sterne von mehr als 25″ säcularer Eigenbewegung, mit einer durchschnittlichen Eigenbewegung von 55,40″.

b. 663 Sterne von 10″ bis 25″ säcularer Eigenbewegung, mit einer durchschnittlichen Eigenbewegung von 15,25″.

c. 1273 Sterne von 4″ bis 10″ säcularer Eigenbewegung, mit einer durchschnittlichen Eigenbewegung von 7,79″.

Es resultirten nun folgende Coordinaten für den Punkt Q:

		Rectascension.		Declination.		
Aus den Sternen unter	a.	262°	8,8′	+ 39°	25,2′	für 1800,0
„ „ „ „	b.	261	14,4	37	53,6	
„ „ „ „	c.	261	32,2	42	21,9	
Der Sternzahl jed. Classe proport. Mittel		261°	38,8′	+ 39°	53,9′	

Nennt man φ den aus den Beobachtungen gefolgerten Richtungswinkel der Eigenbewegung des Sterns, ψ den Richtungswinkel, welchen der Stern haben müsste, wenn seine Bewegung eine bloss scheinbare, die Sonnenbewegung abspiegelnde, wäre, und χ den Winkelabstand des betreffenden Sternes von dem Punkte Q, so findet Mädler:

Classe.	Arithmetisches Mittel für $\sin \chi\ (\varphi - \psi)$ ohne Beachtung der Zeichen.	Grenze, unter und über welcher gleich viele Abweichungen liegen.
a.	39,29°	32,4°
b.	46,28	37,4
c.	50,57	40,1

Den wahrscheinlichsten Grund der Zunahme der vorstehend beigegebenen Werthe mit abnehmender Eigenbewegung erkennt Mädler in Folgendem. „Wenn die wahre Eigenbewegung eines Fixsternes mit der,

Digitized by Google

welche nur eine Abspiegelung der Bewegung des Sonnensystems ist, der Richtung nach zusammenfällt, so wird $(\varphi - \psi)$ gleich Null und überhaupt desto kleiner, je näher beide Richtungen coincidiren. Die zusammengesetzte Eigenbewegung aber, wie wir sie beobachten, wird aus gleichem Grunde (alles Uebrige gleichgesetzt) in dem bezeichneten Falle ein Maximum haben. Daraus folgt, dass bei kleineren $(\varphi - \psi)$ durchschnittlich mehr grössere, bei stärkeren durchschnittlich mehr geringere Eigenbewegungen vorkommen müssen. Wenn daher auch in Folge schärfer bestimmter Eigenbewegungen die obigen beiden Werthe in den Classen b. und c. denen für a. etwas näher rücken, so können sie ihnen dennoch nicht gleich werden: der grössere Theil des gegenwärtig sich ergebenden Unterschiedes wird vielmehr bestehen bleiben" (a. a. O. S. 249).

Mädler hebt hervor, dass, da wir überhaupt nicht wissen können, wie viel Gemeinsames in Beziehung auf Richtung der Sternbewegungen stattfinde, auch der Schluss auf die absolute oder selbst nur relative Bewegungsquantität unserer Sonne aus diesen Werthen nicht wohl zulässig sei. Daraus, dass die Grenze, über und unter welcher gleich viele Abweichungen liegen, in allen drei Classen unter 45° falle, scheine zwar zu folgen, dass unsere Sonne zu den Sternen von stärkerer Eigenbewegung gehöre; allein es sei nicht zu übersehen, dass wir zwar den Einfluss der projectiven Verkürzung bei der Sonnenbewegung berücksichtigen konnten, nicht aber den ähnlichen bei der wahren Eigenbewegung der Fixsterne, da wir diesen im Einzelnen nicht kennen, derselbe aber sicher stattfindet. Im Allgemeinen könne man nur sagen, dass unserer Sonne, verglichen mit anderen Sternen weder eine besonders schwache noch auffallend starke Bewegung, sondern am wahrscheinlichsten, so weit unsere Beobachtungen reichen, eine mittlere zukomme.

Die neuesten Untersuchungen über die Richtung der Sonnenbewegung hat Dunkin angestellt und die Resultate derselben der königlichen astronomischen Gesellschaft zu London im Jahre 1864 vorgelegt. Dieselben basiren auf 1167 dem Cataloge von Main entnommenen Fixsternen, welche eine wahrnehmbare Eigenbewegung zeigen. Als Endresultat wird für den Punkt Q angegeben:

Rectascension 265°, Declination + 39°.

Die nahe Uebereinstimmung dieses Werthes mit demjenigen, zu welchem Mädler gelangte, ist bemerkenswerth.

Wenn es sonach ermöglicht ist, bezüglich der Richtung der translatorischen Bewegung des Sonnensystems zu Resultaten zu gelangen, welche nur wenig zu wünschen übrig lassen; so ruht dagegen noch ein grosses Dunkel über der wahren Ursache dieser fortschreitenden Bewegung. Allerdings kann, bei dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft, keinen Augenblick bestritten werden, dass jene Bewegung eine Folge von Anziehung ist; allein eine vollständige Uebereinstimmung bezüglich der Stellung dieser anziehenden Kraft im Fixsternreiche ist gegenwärtig noch

Digitized by Google

nicht erlangt worden. Wenn man von unserm mondbegleiteten Planeten zum Centralkörper des Sonnensystems aufsteigt, also von Systemen unterer Ordnung zu höheren, in denen beiden der Einfluss eines an Masse überwiegenden Centralkörpers vorherrscht, so wird man mit Kant und Lambert leicht durch Analogie zu dem weitern Schlusse verleitet, im Fixsternreiche den Complex eines abermals höhern Systems zu erkennen, in welchem Millionen von Sonnen sich um einen Centralkörper drehen. Während Kant den Sirius, Lambert den grossen Orionnebel als Centralkörper des Fixsternsystems bezeichnen konnten, hat der Fortschritt der Fixsternastronomie gegenwärtig eine solche Annahme als durchaus unmöglich erkennen lassen, und die Analogie der Doppelsterne mit erkannter Bewegung um einen bloss virtuellen Schwerpunkt, lässt es sehr unwahrscheinlich erscheinen, dass überhaupt ein von Masse erfüllter Schwerpunkt existirt. Die Beispiele hierzu, welche unser Sonnensystem darbietet, sind als Ausnahmen zu betrachten und in soweit selbst noch illusorisch, als sogar der Schwerpunkt des ganzen Sonnensystems meist ganz ausserhalb des Sonnenkörpers liegt.

Die umfassendsten Untersuchungen über die Constitution der Fixsternwelt hat Mädler angestellt; er gelangte zu dem Resultate, dass das System der Fixsterne ein einheitliches sei, in welchem die Bewegungen um einen Schwerpunkt stattfinden, in dem die Gesammtmasse bloss virtuell vereinigt ist, und dass dieser Schwerpunkt in die Sterngruppe der Plejaden fällt. Ehe jedoch auf die Entwickelungen dieses gelehrten Astronomen näher eingegangen werden soll, möge hier kurz der Ergebnisse gedacht werden, welche Proktor am 20. Januar 1870 als Resultat seiner Untersuchungen der Royal Society in London vorgelegt hat.

Derselbe findet als Ergebniss einer sorgfältigen Prüfung der Eigenbewegungen aller Fixsterne, in den Catalogen welche von Main und Stone veröffentlicht worden, die Thatsache, dass in gewissen Theilen des Himmels, die Sterne eine deutlich ausgesprochene Tendenz zeigen, in einer bestimmten Richtung sich fortzubewegen. In den Catalogen sei diese Tendenz wegen der Art, wie die Sterne in ihnen geordnet erscheinen, verdeckt; wenn man aber die Eigenbewegungen auf Karten zeichne, indem man an jeden Stern einen Pfeil anbringe, dessen Länge und Richtung die Grösse und Direction der Eigenbewegung des Sternes andeute, so werde der Sternenzug sehr deutlich. Wenn Mädler durch gewisse Betrachtungen dazu geführt worden, die Nachbarschaft der Plejaden zu untersuchen, weil er hier Spuren einer gemeinsamen Eigenbewegung gefunden und Alkyone als das allgemeine Centrum der Fixsternbewegungen betrachte: so sei in Wirklichkeit die Gemeinsamkeit der Bewegungen im Stier nur ein einzelner Fall und nicht einmal der hervortretendste von denjenigen, die in mehreren Himmelsgegenden erkannt werden könnten. In den Zwillingen wie im Krebs finde man eine auffallendere Bewegung nach Südosten, während diejenige im Stier nach Südwesten gerichtet sei. Im Sternbilde des Löwen zeige sich ebenfalls eine sehr deut-

Digitized by Google

liche Bewegung, und zwar sei dieselbe nach dem Krebs hin gerichtet. Diese besonderen Bewegungen, fährt Proktor fort, sind nicht weniger merkwürdig, weil sie meist genau in der Richtung erfolgen, die man der Eigenbewegung der Sonne zugesprochen. Nach Stone sei anzunehmen, dass den Fixsternen durchschnittlich eine stärkere Eigenbewegung zukomme, als unserer Sonne. Wenn man daher die Sterne als begabt mit einer grössern durchschnittlichen Bewegung betrachte als solche der Sonne zukomme, so könne man es nur im höchsten Grade bedeutsam finden, dass in einem grossen Gebiete des Himmels eine gemeinsame Bewegung stattfinde, wie sie soeben beschrieben wurde. Proktor findet sich zu der Annahme gedrängt, dass die Sterne, welche solche gemeinsame Bewegungen besitzen, ein besonderes System bilden, dessen Glieder zwar dem Milchstrassensysteme angehören, aber unter einander inniger verbunden sind.

Wendet man sich zu anderen Theilen des Himmels, so trifft man, nach Proktor, Beispiele von Sternbewegungen, welche der Richtung der Sonnenbewegung entgegengesetzt sind. Ein merkwürdiges Beispiel hierzu sollen die sieben Hauptsterne des grossen Bären bilden. Von diesen bewegen sich die Sterne β, γ, δ, ε, ζ alle in derselben Richtung und in dem nämlichen Verhältnisse gegen die Richtung der Sonnenbewegung, das heisst nach dem Punkte hin, von welchem her alle Bewegungen, die von der Translation der Sonne im Raume herrühren, abgeleitet werden können.

Nachstehend gebe ich die bezüglichen Werthe für die genannten Sterne im grossen Bären nach Mädler. Es bezeichnet s die Quantität der säcularen Bewegung und φ den Richtungswinkel derselben von Nord durch Ost gezählt.

Name des Sternes	s	φ
β Ursae	8,4″	90,0°
γ Ursae	11,0	87,4
δ Ursae	15,0	99,6
ε Ursae	14,9	107,3
ζ Ursae	17,1	109,1

Proktor glaubt, dass in ähnlicher Weise auch die Sterne α, β und γ des Widder ein einziges System bilden könnten, obgleich die Bewegung von α und ihre Richtung nicht genau mit denjenigen von β und γ zusammenfalle, wie auch die folgende Tabelle zeigt.

Digitized by Google

Name des Sternes	s	φ
α Arietis	24,6″	126,1°
β Arietis	13,8	133,6
γ Arietis	11,1	140,1

Uebrigens gibt es noch auffallendere Beispiele von übereinstimmenden Richtungen der Bewegung; ich begnüge mich, folgende Fälle hier anzuführen. (Vergl. Mädler's Catalog der Bradley'schen Sterne für 1850 im 14. Bd. der Dorpater Beob.).

ε Orionis	4,6″	102,5°
ζ Orionis	9,1	96,3
δ Orionis	8,5	118,1
δ Hydrae	6,3	267,3
ε Hydrae	15,7	261,5
ζ Hydrae	6,8	264,1
α Canis minoris	125,2	213,2
β Canis minoris	5,6	201,0
η Canis minoris	6,6	193,1
ϑ^1 Tauri	12,6	105,1
ϑ^2 Tauri	11,4	110,0
ϑ^3 Tauri	15,0	105,4
70 Tauri	5,2	90,0
71 Tauri	9,9	103,5
75 Tauri	4,3	293,0
76 Tauri	13,0	97,8
ϑ^2 Tauri	11,0	92,7
79 Tauri	15,0	112,3
80 Tauri	8,4	100,2
81 Tauri	13,9	94,1
83 Tauri	6,5	112,6
85 Tauri	5,6	129,9
ϱ Tauri	13,0	108,9
89 Tauri	9,9	94,5
o^1 Tauri	6,1	169,6
α Tauri	19,1	156,9

Digitized by Google

Die Abweichungen, welche sich bei 75, o^1 und α Tauri von der allgemeinen Bewegungsrichtung zeigen, deuten an, dass diese Sterne nur optisch zu der Hyadengruppe gehören, die übrigen Sterne derselben aber physisch mit einander verbunden sind. Diese letztere Folgerung lässt noch einen weitern Schluss zu. Wenn nämlich die gemeinsame Bewegungsrichtung der Hyadensterne beweist, dass diese Fixsterne ein physisches System bilden, welches irgend einer mächtigen Kraft gehorchend, um ein unbekanntes Centrum gravitirt, so folgt daraus, dass die Anziehung dieses letztern auf die Bewegung der ganzen Gruppe ungleich mächtiger wirkt, als die Anziehungen innerhalb der Gruppe auf die Bewegungen innerhalb derselben. Denn wäre dieses nicht der Fall, so würde sich für uns keine Uebereinstimmung in dem Sternenzuge der Gruppe darbieten. Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, sind vielleicht diejenigen Regionen des Himmels nicht minder wichtig, in welchen auf beschränktem Raume sehr verschiedenartige, ja entgegengesetzt gerichtete Bewegungen vorkommen. Eine solche Region liegt in der Constellation des Hasen, fast dem Punkte diametral gegenüber, auf welchen zu, sich unser Sonnensystem bewegt. Von den optischen Bewegungsverhältnissen dort gibt die nachstehende Tabelle (nach Mädler's Angaben zusammengestellt) Rechenschaft.

Name des Sternes	Säculare Eigenbewegung	Richtung derselben	Abweichung von der durch die Sonnenbewegung erzeugten Richtung
α Leporis	6,8″	79,9°	— 98,6°
λ Leporis	5,0	126,3	— 46,7
η Leporis	12,9	5,0	+ 175,9
ϑ Leporis	4,1	34,9	— 158,7
β Leporis	11,3	161,5	— 14,5
δ Leporis	70,1	159,5	— 30,2
γ Leporis	43,7	213,3	+ 26,9
ε Leporis	10,2	145,3	— 17,0
ν Leporis	4,8	64,0	— 109,2
ϱ Leporis	7,7	103,1	— 90,9

Die Untersuchungen von Proktor können übrigens nur als sehr rohe Versuche betrachtet werden, den Complex der Einzelbewegungen zu sondern. Jedenfalls sind sie in dem Zustande, in welchem sie der Royal Society vorgelegt wurden, durchaus nicht geeignet, die umfassenden Untersuchungen und Rechnungen Mädler's zu beseitigen, mit welchen dieser scharfsinnige Astronom den Schwerpunkt des Fixsternsystems in die Plejadengruppe verlegt.

Mädler hat, ausgehend von der Thatsache, dass sowohl unsere Sonne

Digitized by Google

als sämmtliche Fixsterne Eigenbewegungen besitzen, die Ursachen untersucht, welche diese Bewegungen bedingen. Von den drei Möglichkeiten, welche angenommen werden können, nämlich:

1. Die Bewegungen werden durch einen Centralkörper hervorgebracht, dessen Massenübergewicht ihn zum Beherrscher des Fixsterncomplexes erhebt;
2. die Eigenbewegungen entstehen durch die gegenseitigen Wirkungen einander zufällig nahestehender Sterne, ohne dass der ganze Fixsterncomplex einen einheitlichen Organismus darstellt;
3. die Fixsternwelt bildet ein einheitliches System ohne dominirenden Centralkörper, in welchem die Bewegungen sich nur auf den allgemeinen Schwerpunkt beziehen;

ist die erste sofort und entschieden zu verwerfen. In der That ist die Annahme eines die Fixsternwelt beherrschenden, an Masse überwiegenden Centralkörpers, durch die Fortschritte der Astronomie seit Herschel für immer als beseitigt zu betrachten.

Aber auch die bezeichnete zweite Möglichkeit kann nicht wohl als realisirt gedacht werden. Schon blosse Vernunftschlüsse widersprechen dem. Wären in der That die Eigenbewegungen am Fixsternhimmel das Resultat der zufälligen Gruppirung von anziehenden Massen, so könnte im Allgemeinen das System keinen dauernden Bestand haben, und die Wahrscheinlichkeit, dass es bis zur Gegenwart existirte, wäre eine verschwindend geringe. Ausserdem hat Mädler mit geringer Mühe zeigen können, dass diese Annahme sich auch durchaus nicht mit den Thatsachen der Beobachtung vereinigen lässt.

Es verbleibt demnach nur die dritte an und für sich auch überwiegend wahrscheinlichste Annahme: eines Systems ohne dominirenden Centralkörper, mit einem Schwerpunkte, in welchem die Gesammtmasse bloss virtuell vereinigt ist.

Mädler hat eingehend die Consequenzen geprüft, welche sich aus den zur Zeit vorliegenden Beobachtungen für die wahre sowohl als die scheinbare Lage jenes Schwerpunktes am Himmelsgewölbe, ziehen lassen.

Die Richtung der Sonnenbewegung und die Betrachtung, dass unter Voraussetzung einer Kreisbewegung in der Translation unseres Sonnensystems, das Centrum dieser Bewegung 90^0 von demjenigen Punkte entfernt liegen muss, gegen welchen die Bewegung gerichtet ist, gewähren für sich allein keineswegs genügende Anhaltspunkte, um die Lage des Gravitationscentrums bestimmen zu können. Gewisse Betrachtungen über den Lauf und Glanz der Milchstrasse, haben dagegen Mädler auf die Regionen um den Frühlingsnachtgleichenpunkt herum, in der Richtung nach dem Sternbilde des Stiers, geführt und ihn schliesslich veranlasst, den Schwerpunkt in die Plejadengruppe zu verlegen. Diese Betrachtungen sind zwar nicht derjenigen mathematischen Behandlung fähig, welche man mit Recht bei astronomischen Gegenständen beansprucht, sie

Digitized by Google

sind sogar theilweise auf die Voraussetzung gebaut, dass die Milchstrasse ein System concentrischer Sternenringe sei, deren Unzulässigkeit in der Folge nachgewiesen wird; nichtsdestoweniger mag man sie doch in gewissem Sinne gelten lassen. Der Einwurf, den Sir John Herschel gegen die Annahme der Plejadengruppe als Bewegungsmittelpunkt unseres Fixsternbaues, erhoben hat: dieser müsse sich auf der Milchstrasse projiciren, ist aus dem Grunde unhaltbar, weil die Milchstrasse in gar keiner dynamischen Beziehung zu unserm Fixsternsystem als solchem steht; dann aber auch, wie Mädler bemerkt, deshalb, weil jene Projection doch nur von einem Punkte in der Ebene der Milchstrasse selbst gesehen, stattfinden kann. Nähme unsere Sonne aber eine solche Stellung ein, so müsste der mittlere Zug der Milchstrasse einem grössten Kreise entsprechen. Die Milchstrasse zieht aber an den beiden Polen des Himmels nicht in gleichem Abstande vorüber, sie schneidet weder den Aequator noch die Ekliptik in zwei entgegengesetzten Punkten. Nach den Untersuchungen von G. Fuss entspricht die Milchstrasse am besten der Parallele eines grössten Kreises, die $3^1/_2{}^0$ von ihm absteht. Folglich liegt unsere Sonne nicht in dieser Ebene und so kann ein in der Ebene des Ringes und nicht im Ringe selbst liegender Punkt, sich nicht auf der Milchstrasse projiciren. Vielmehr muss er beiläufig um denselben Winkel von ihr abstehen, den eine von unserer Sonne zum Centralpunkte gezogene Gerade mit der Ebene des Ringes macht.

Untersucht man die Bedingungen, welche durch die Lage des Centralpunktes erfüllt werden müssen, so findet man mit Mädler Folgendes:

1. Die Sterne im Centralpunkte selbst, können als Ganzes keine fortschreitende eigene Bewegung innerhalb des Fixsternsystems haben. Nur sehr langsame, sich gegenseitig aufhebende Bewegungen um den allgemeinen Schwerpunkt, werden hier stattfinden.
2. Die Eigenbewegungen müssen vom Centralpunkte an bis zu einer, noch nicht scharf zu bestimmenden, Grenze zunehmen.
3. Die Unterschiede zwischen dem aus den Beobachtungen folgenden Richtungswinkel φ der Eigenbewegung der Sterne und dem Richtungswinkel ψ, den sie haben müssten, wenn die Bewegung bloss eine, die scheinbare Sonnenbewegung abspiegelnde wäre, müssen mit dem Abstande vom Centralpunkte wachsen.
4. Die Differenz $\varphi - \psi$ darf in der innersten Region in keinem Falle 90^0 überschreiten, wenigstens nicht bei Sternen von beträchtlicher Eigenbewegung, während allerdings diese Abweichungen mit wachsender Entfernung vom Centralpunkte zunehmen müssen.

Mädler hat nun diese Bedingungen auf die Ergebnisse der Beobachtungen, unter der Voraussetzung des Centralpunktes in den Plejaden, angewandt. Die Möglichkeit einer genauen Prüfung der ersten Bedingung, fand sich glücklich gegeben durch die ausgezeichneten, und in Zeit ge-

Digitized by Google

nügend von einander entfernten, Beobachtungen von 15 identischen Plejadensternen bei Bradley und Bessel. Mädler hat dabei folgende Resultate erhalten.

Nummer des Bradley'schen Cataloges	Synonym	Rectascension für 1850	Declination für 1850	Jährliche Eigenbewegung s	$\varphi - \psi$
508	Celeno	53° 58′ 26,32″	+ 23° 48′ 47,49″	0,072″	− 4,2
509	Electra	53 59 39,12	23 38 14,59	0,049	+ 3,9
510	m.	54 3 18,42	21 21 50,39	0,056	+ 17,9
511	Taygeta	54 4 19,43	23 59 32,36	0,046	+ 15,4
512	Maja	54 13 37,95	23 53 40,54	0,049	+ 1,1
513	Asterope	54 14 42,85	24 4 53,87	0,057	− 14,4
514	l.	54 16 47,87	24 3 19,70	0,039	+ 39,3
516	Merope	54 21 29,51	23 28 36,35	0,055	+ 10,2
520	p.	54 36 37,36	23 28 52,17	0,045	− 21,4
521	Alkyone η	54 38 38,62	23 38 13,38	0,047	+ 2,8
522	—	54 52 5,58	22 57 21,28	0,064	+ 13,5
523	—	54 53 37,79	23 52 48,11	0,099	+ 23,3
525	s.	55 0 39,76	23 23 38,36	0,061	− 4,2
527	Atlas	55 3 45,39	23 35 25,06	0,059	+ 27,1
528	Plejone	55 4 3,26	+ 23 40 25,72	0,075	+ 18,5
			Mittel aus 15 Sternen	0,0582″	+ 8,79
			Ohne Beachtung der Vorzeichen		14,6

Man muss gestehen, dass die erste Bedingung durch die Plejadengruppe in genügender Weise erfüllt wird. Die Abweichungen sind nur gering und vielleicht zum Theil nur scheinbare, weil durch Bewegungen innerhalb der Gruppe um den Schwerpunkt derselben (der nur in einem ganz ausnahmsweisen Falle genau mit dem Schwerpunkte des ganzen Fixsternsystems zusammenfallend zu denken wäre) hervorgerufen.

Mädler hat auch die benachbarte Hyadengruppe bezüglich der in Nr. 1 gestellten Bedingung genauer untersucht. Ich gebe die Resultate dieser Untersuchung in nachstehender Tabelle; s bezeichnet die jährliche Eigenbewegung und auch $\varphi - \psi$ hat die obige Bedeutung. Uebrigens weichen diese Zahlen etwas von den oben (S. 128) angegebenen ab, welche das Resultat der früheren, minder genauen Reductionen sind.

Digitized by Google

Nummer des Bradley'schen Catalogs	Synonym	s	$\varphi - \psi$
583	54 Tauri γ	0,130″	— 65,4°
584	55 „	0,125	— 47,4
585	57 „ h	0,115	— 57,6
586	58 „	0,136	— 65,1
587	—	0,170	— 60,2
589	60 Tauri	0,216	— 67,7
594	61 „ d^1	0,100	— 58,6
596	63 „	0,114	— 50,7
597	64 „ d^2	0,122	— 57,4
601	68 „ d^3	0,140	— 68,5
603	70 „	0,090	— 66,9
605	71 „	0,130	— 65,3
609	74 „ ε	0,127	— 66,8
611	76 „	0,100	— 66,5
612	77 „ ϑ^1	0,041	— 41,4
613	78 „ ϑ^2	0,120	— 70,5
614	79 „ b	0,132	— 69,2
617	80 „	0,096	— 71,0
619	—	0,055	— 40,2
620	81 Tauri	0,130	— 67,7
621	83 „	0,108	— 59,5
623	85 „	0,062	— 51,0
625	—	0,034	— 32,4
627	86 Tauri ϱ	0,153	— 60,3
638	89 „	0,125	— 63,4
639	90 „ c^1	0,109	— 55,0
643	92 „ b^2	0,064	— 91,9
Mittel aus 27 Sternen		0,1126″	— 60,65°

Man ersieht aus diesen Zahlen ohne Schwierigkeit, dass die Gruppe der Hyaden der oben unter 1. gestellten Bedingung nicht genügt.

Mädler hat nun, um die übrigen Bedingungen bezüglich ihrer Berücksichtigung in der Wirklichkeit, zu untersuchen, folgenden Weg eingeschlagen, den ich, ebenso wie die Resultate, mit des Autors eigenen Worten hier anführe (vergl. Beob. d. Kaiserl. Universitätssternwarte Dorpat, 14. Bd., S. 259 u. ff.).

Digitized by Google

„Auf dem Globus wurden um η Tauri von 10^0 zu 10^0 Abstand, concentrische Kreise gezogen, wodurch bis zum Gegenpole 18 Regionen gebildet wurden. Die fünf ersten können als ganz vollständig betrachtet werden. Schon die sechste greift mit einem kleinen Theile in Gegenden über, wo Bradley keine Sternörter mehr angiebt. Bei allen folgenden findet dies in stärkerm Maasse statt und erst die achtzehnte kann wieder als ziemlich vollständig betrachtet werden. Die Werthe in den Regionen 7 bis 17 zeigen, wohl hauptsächlich in Folge dieses Umstandes, auf- und niedergehende Sprünge, während die sechs ersten eine ununterbrochene Fortschreitung unzweifelhaft darstellen. Bei einigen Sternen liess das bloss constructive Verfahren eine Ungewissheit übrig, in welche Region sie gehörten; für sie wurde der Abstand von η Tauri nach den bekannten Formeln berechnet. Bei Sternen von geringerer Säcularbewegung als 4″ ist nur diese, nicht auch der Richtungswinkel in Betracht gezogen.

Die erste Columne enthält die (römische) Nummer der Region. Die zweite die Anzahl sämmtlicher darin enthaltenen Bradley'schen Sterne mit einziger Ausnahme der wenigen, für welche sich noch gar nichts über Eigenbewegung bestimmen lässt. In der ersten Region ist das Mittel aus den Plejadensternen, in der zweiten das der Hyaden mit inbegriffen.

Die dritte enthält das arithmetische Mittel aus dem Betrage der Säcularbewegung, in Bogensecunden des grössten Kreises.

Die vierte die Anzahl der für den Richtungswinkel in Rechnung gezogenen Sterne von 4″ und darüber säcularer Bewegung.

Die fünfte das arithmetische Mittel aus den $(\varphi - \psi)$, natürlich ohne Beachtung der Zeichen.

In der sechsten befindet sich die grösste in der betreffenden Region vorkommende Eigenbewegung und

In der siebenten die Anzahl der Sterne, für welche sich $(\varphi - \psi) > 90^0$ ergibt.

Endlich die achte Columne den Procentsatz für die in der siebenten vorkommenden Zahlen.

In meiner früheren Bearbeitung müsste ich mich begnügen, nur die vier ersten Regionen und ausserdem eine mittlere von $82\frac{1}{2}^0$ bis $97\frac{1}{2}^0$ Abstand reichende aufzuführen; auch wagte ich damals nicht, mit Berechnung der Richtungswinkel unter 5″ Säcularbewegung herabzugehen, wodurch reichlich ein Drittel der Sterne wegfiel. Sowohl in Betracht des etwas längern Zwischenraumes als der zahlreicheren Daten, habe ich jetzt diese untere Grenze etwas weiter gesteckt und der Ausfall beträgt nur noch ein Viertel. Noch weiter zu gehen, muss der Zukunft überlassen bleiben.

Digitized by Google

Region	n	s	n'	$\varphi - \psi$	Max. s	$(\varphi - \psi) > 90^0$	Procent $= p$
I.	45	7,71″	32	39,98⁰	25,3″	1	3,1
II.	100	8,20	70	46,43	53,6	8	11,4
III.	189	9,73	128	55,45	119,9	27	21,1
IV.	264	9,79	179	56,86	409,1	48	26,8
V.	269	10,41	171	61,72	383,3	51	29,8
VI.	275	11,97	186	62,59	208,8	55	29,6
VII.	273	10,03	185	61,19	113,3	46	24,9
VIII.	246	10,95	180	67,95	192,5	58	32,2
IX.	277	10,89	201	62,75	527,8	54	26,9
X.	218	9,71	156	68,80	73,8	42	27,0
XI.	221	9,56	139	58,01	78,9	33	23,8
XII.	163	11,71	120	67,97	117,4	41	34,2
XIII.	163	12,51	125	63,26	118,0	33	26,4
XIV.	123	12,07	89	61,90	225,7	25	27,9
XV.	92	10,01	63	58,92	131,6	13	20,6
XVI.	87	13,33	71	61,21	113,2	19	26,8
XVII.	58	9,16	43	54,41	59,8	10	23,3
XVIII.	44	7,30	28	47,27	72,0	4	14,3

Digitized by Google

Bezeichnet ζ den Abstand von η Tauri, so sind für die sechs vollständigen Regionen die s darzustellen durch die Formel:

$$6{,}916'' + 5{,}700'' \sin \zeta$$

mit den Abweichungen:

$$+ 0{,}29''; - 0{,}19''; + 0{,}45''; - 0{,}40''; - 0{,}53''; + 0{,}38'',$$

also die grösste Abweichung $^1/_8$ der grössten Differenz.

Für die $\varphi - \psi$ findet sich:

$$37{,}957^0 + 33{,}226^0 \sin \zeta,$$

wobei folgende Unterschiede übrig bleiben:

$$- 0{,}87^0; - 0{,}13^0; + 3{,}45^0; - 0{,}15^0; + 0{,}27^0; - 2{,}58^0,$$

und die grösste Abweichung $^1/_7$ der grössten Differenz.

Die 12 unvollständigen Regionen liessen sich durch Einführung eines von $\sin 2\zeta$ abhängenden Gliedes mit negativem Coefficienten, wenngleich mit geringerer Uebereinstimmung, mit den sechs ersten vereinigen; doch hat es mir nicht geschienen, als ob dadurch das Sachverhältniss in ein besseres Licht gestellt würde. Nimmt man das Mittel aus ihnen, so ergibt sich $s = 10{,}60''$ und $\varphi - \psi = 61{,}13^0$; oder mit Berücksichtigung der Anzahl der Sterne $s = 10{,}86''$ und $\varphi - \psi = 63{,}04^0$. Eine weitere Zunahme über 60^0 Abstand hinaus lässt sich nicht sicher nachweisen, vielmehr dürfte eine geringe Abnahme in den letzten 5 bis 6 Regionen nicht zu verkennen sein. —

Die stärksten Differenzen aber zeigt die letzte Columne; selbst wenn man den ersten dieser Werthe wegen der geringen Zahl der Sterne in dieser Region als etwas Zufälliges betrachten wollte. Da p für $\zeta = 0$, wenn anders η Tauri der Centralpunkt ist, ebenfalls $= 0$ sein muss, so kann die Formel kein constantes Glied enthalten, ich finde für die neun ersten Regionen:

$$p = 25{,}92 \sin \zeta + 9{,}59 \sin 2\zeta$$

mit den Abweichungen:

$$- 0{,}8; - 0{,}1; + 2{,}8; + 2{,}9; + 2{,}0; - 0{,}1; - 5{,}9; + 2{,}4; - 0{,}6;$$

mithin die grösste einzelne Abweichung nur $^1/_5$ der in obiger Columne vorkommenden grössten Differenz.

Namentlich in den ersten Regionen ist die Anzahl der 90^0 übersteigenden $\varphi - \psi$ sehr gering; ich untersuchte deshalb auch die Fälle, in welchen $\varphi - \psi$ seinen Mittelwerth $63{,}04^0$ übersteigt, und fand für dieselben Regionen:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	4	16	33	65	75	78	71	76	82
in Procenten	12,5	22,9	25,8	36,3	43,8	41,9	38,3	42,2	40,8

darstellbar durch

Digitized by Google

$$p' = 8{,}4 + 29{,}1 \sin \zeta + 10{,}7 \sin 2\zeta$$

mit den Abweichungen

$- 0{,}3;\ + 1{,}6;\ - 3{,}1;\ + 1{,}0;\ + 4{,}0;\ - 0{,}4;\ - 4{,}7;\ + 0{,}3;\ + 1{,}6.$

Von einer Zufälligkeit in diesen Reihenfolgen kann, bei der bedeutenden Anzahl der verglichenen Sterne, keine Rede sein, die Progressionen in s, $\varphi - \psi$ und p sind vielmehr reelle und mit Bestimmtheit nachgewiesene, gleichzeitig auch viel zu bedeutend, um durch eine künftige schärfere Bestimmung der Eigenbewegungen, erheblich modificirt werden zu können.

In meinen früheren Untersuchungen nahm ich als wahrscheinlich an, dass die Zunahme der r und $\varphi - \psi$ in den symmetrisch um C construirten Zonen sich bis zu 90° Abstand, selbst noch weiter erstrecken werde. In Betreff der r tritt eine solche Zunahme hier nicht deutlich hervor; eine Entscheidung wird erst möglich sein, wenn die Zonen nach Süden hin durch Hinzutritt einer verhältnissmässigen Anzahl gut bestimmter Sternbewegungen vervollständigt sein werden. Für den hier in Betracht gezogenen Theil dieser Zonen, namentlich X. bis XII. kommt der Umstand in Betracht, dass sie den Punkt Q, nach welchem hin die Bewegung unserer Sonne gerichtet ist, und die zunächst umliegenden Regionen mit begreifen. Hier muss also $\sin \chi$ und damit auch r einen durchschnittlich etwas geringern Werth zeigen. Eine nähere Untersuchung der um Q und seinen Gegenpol Q' concentrisch gebildeten Regionen, in ähnlicher Weise wie unsere gegenwärtige durchgeführt, müsste in Verbindung mit ihr zu näherer Erörterung dieses Punktes, und damit möglicher Weise zu einer annähernden Bestimmung der Quantität der Sonnenbewegung auf einem noch nicht eingeschlagenen Wege führen. Leider ist zunächst um Q herum nicht allein die Anzahl der Bradley'schen Sterne erheblich geringer als die der Circumplejaden, sondern es scheint auch, dass die späteren Beobachter ihnen, als sehr weit ausserhalb der Ekliptik gelegen, eine geringere Aufmerksamkeit als jenen zugewandt haben, und was den Gegenpol Q' betrifft, so ist die nähere Untersuchung dieser Regionen gegenwärtig ganz unmöglich.

Was dagegen die anderen Reihen betrifft, so ist trotz der vorkommenden Sprünge, deren Grund wohl hauptsächlich in der Unvollkommenheit dieser Regionen zu suchen ist, eine Zunahme bis 90° und selbst noch etwas darüber hinaus, unverkennbar, wenn man sie von VII. bis XII. paarweise vereinigt. Noch weniger lässt sich über die sechs letzten Regionen, unter allen die unvollständigsten, gegenwärtig bestimmen. Wäre eine Abnahme der r in den letzten nach C' hin gelegenen Regionen, wie sie einigermaassen angedeutet ist, wirklich sicher constatirt, so würde die Frage entschieden werden können, ob der allgemeinen Richtung ihrer Bewegung nach, die Sterne mit Einschluss unserer Sonne sich vorherrschend gleich verhalten, oder ob, wie bei den Kometen unseres Sonnensystems, eine solche Gemeinsamkeit im Allgemeinen nicht anzunehmen

Digitized by Google

sei. Ich finde einige Wahrscheinlichkeit für die erstere Annahme, glaube jedoch nicht, dass die Uebereinstimmung so gross sei, wie bei den 50 bis jetzt bekannten Planeten unseres Sonnensystems.

Die Punkte Q und C stehen am Himmel $111^0\ 30{,}7'$ von einander ab, und die scheinbare Bewegung der Alkyone führt, rückwärts verlängert, $2{,}6^0$ an Q südlich vorbei. Nach den früheren Annahmen über die Lage von Q und die Eigenbewegung von C hatten sich ebendieselben Grössen $113^0\ 36{,}0'$ und $1{,}5^0$ ergeben. Ist demnach Q im Allgemeinen richtig bestimmt, so kann zwar die Bahn unserer Sonne um C herum kein Kreis sein, vielmehr ist in der elliptischen Hypothese das Minimum für ihren Excentricitätswinkel $= 21^0\ 30{,}7'$; allein eine der Planetenbahnen (Polyhymnia) kommt diesem Werthe schon sehr nahe, so dass keine Nothwendigkeit vorliegt, das Analogon für die Form der Sonnenbahn unter den Kometen zu suchen. —

Was endlich die Quantität der Sonnenbewegung betrifft, so wird möglicher Weise in Zukunft, wenn die Ausmittelung der Eigenbewegungen auch über die geringeren Grössenclassen ausgedehnt werden kann, in ihnen sich ein Mittel darbieten, auch diese Frage zu beantworten. Der von mir aus der Bewegung und Parallaxe von 61 Cygni gefolgerte Werth von $7^1/_2$ Meilen in der Secunde gründet sich auf die Parallaxe $= 0{,}348''$ und würde sich im umgekehrten Verhältniss ändern, wie diese Parallaxe sich ändert. Da die neueren Messungen von Johnson und in noch stärkerm Maasse die von O. Struve, eine solche Vergrösserung der Parallaxe von 61 Cygni anzudeuten scheinen, so würde die Bewegung der Sonne etwas geringer werden und etwa der mittlern des Merkur gleich sein."

Für die Gesammtsumme der Massen innerhalb der mit dem Radius Vector der Sonne um den Schwerpunkt beschriebenen Kugel, findet Mädler nach einer hypothetischen Berechnung der Parallaxe der Alkyone (zu $0{,}005685''$) den Werth von 118000000 Sonnenmassen. Der genannte Astronom macht darauf aufmerksam, dass aber in der Region, in welcher sich diese sämmtlichen auf die Bewegung unserer Sonne wirkenden Massen befinden müssen, selbst mit den kräftigsten Hülfsmitteln höchstens 2 Millionen Sterne gesehen werden; es müssten demnach entweder durchschnittlich diese Fixsterne unsere Sonne an Masse sehr bedeutend übertreffen, oder aber es existirten in diesem Raume sehr bedeutende dunkle oder schwach leuchtende Massen, die im Allgemeinen unseren Ferngläsern verborgen sind. Letzteres sei das Wahrscheinlichere.

Die Untersuchungen Mädler's über die Constitution unserer Fixsternschicht bedürfen sicherlich noch beträchtlicher Erweiterungen und Vervollkommnungen, ehe sie zu unangreifbaren Resultaten zu führen geeignet sind. Noch ist vieles Hypothese und den genialen Combinationen des ehemaligen Directors der Sternwarte Dorpat mangelt, wenn auch keineswegs eine innere wissenschaftliche Wahrscheinlichkeit, so doch stellenweise die zwingende Nothwendigkeit, weil sie vielfach an dem Mangel hinreichend zahlreicher und über einen genügenden Zeitraum ausgedehn-

Digitized by Google

ter Beobachtungen leiden. Dazu hat Kowalsky (Sur les lois du mouvement propre des étoiles du catalogue de Bradley) gezeigt, dass das von Mädler gefundene Verhalten der Eigenbewegungen, sich für alle in der Nähe der Milchstrasse gelegene Punkte in ähnlicher Weise zeigen muss, und die Zone, welche die Minima der Eigenbewegungen enthält, sehr nahe mit dem Gürtel der Milchstrasse zusammenfällt, während die stärksten Bewegungen näher den Polen derselben vorkommen. Dennoch sind Mädler's Untersuchungen durchaus der Beachtung würdig; sie eröffnen eine neue Perspective zu künftigen schärferen Untersuchungen und stehen so hoch über den Speculationen, welchen der geniale William Herschel über den Bau des Himmels sich hingab, wie der heutige Zustand der Himmelskunde über demjenigen zu Ende des vergangenen Jahrhunderts.

Während es bei der directen astronomischen Beobachtung nur möglich ist, diejenige Componente der Fixsternbewegung, welche senkrecht zur Gesichtslinie nach der Erde hin stattfindet, zu bestimmen, hat das neue Hülfsmittel der Spectralanalyse Aussichten geboten, auch die andere, in der Richtung des Visionsradius liegende Componente jener Bewegung directen Messungen zu unterziehen. Obgleich in einem besonderen Capitel dieses Werkes die Resultate spectralanalytischer Untersuchung des Fixsternhimmels mit aller möglichen Vollständigkeit behandelt werden, kann es doch hier nicht umgangen werden, dasjenige, was sich bei diesen Untersuchungen auf die Eigenbewegungen der Fixsterne bezieht, anzureihen.

Schon bei ihren ersten gleichzeitigen Vergleichungen, die Huggins und Miller in den Jahren 1862 und 1863 zwischen den hellen Spectrallinien irdischer Stoffe und den dunkelen Linien in den Fixsternspectren anstellten, entging es dem Scharfsinne dieser Forscher nicht, dass solche Beobachtungen möglicher Weise Aufschluss über die Bewegungen der Fixsterne in Bezug auf unser System zu verschaffen geeignet seien. Wenn nämlich ein Fixstern sich der Erde nähert oder sich von ihr entfernt, so muss diese Bewegung im Verein mit der absoluten Bewegung der Erde im Raume, sich für einen Beobachter auf der Erde, wie Maxwell's scharfsinnige Untersuchung evident nachgewiesen, dadurch bemerklich machen, dass die Brechbarkeit der von jenem Sterne ausgehenden Strahlen verändert erscheint. Die hellen Linien der Spectra irdischer Stoffe werden daher nicht mehr genau mit den entsprechenden dunkeln Linien im Spectrum des betreffenden Sternes coincidiren.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, untersuchten schon damals Huggins und Miller die Sterne α Tauri, α Orionis, β Pegasi, α Canis maj., α Lyrae, α Aurigae, α Bootis, α und β Geminorum und einige andere. Ihr Apparat war mit zwei Flintglasprismen versehen, deren Brechungswinkel 60° betrug. Er erlaubte eine Genauigkeit der Vergleichung, welche die Verschiebung einer Linie oder Liniengruppe erkennen liess, die geringer als der Abstand zwischen den D-Linien ist. Allein die sorgfältigsten Beobachtungen ergaben, dass keiner der genannten Fixsterne

Digitized by Google

sich in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde mit einer Geschwindigkeit bewege, die gross genug ist, um eine Linie so weit zu verschieben, dass diese Verschiebung einen Unterschied der Wellenlänge gleich demjenigen der zwei *D*-Strahlen erzeugt. Eine solche Aenderung der Brechbarkeit würde einer Geschwindigkeit von 169 englischen Meilen in der Secunde entsprochen haben.

Die damals erhaltenen negativen Resultate schreckten Huggins durchaus nicht von weiteren Untersuchungen ab, allein da eine Bewegung von 169 englischen Meilen pro Secunde von vornherein bei einem Fixsterne unwahrscheinlich erschien, so war es vor allem nothwendig, über genauere Apparate verfügen zu können. Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang es dem trefflichen britischen Naturforscher endlich, einen Apparat zu ersinnen und auszuführen, der es ermöglichte, das Problem innerhalb gewisser Grenzen zu lösen. Mittels dieses Apparates, dessen genaue Beschreibung nicht hierhin gehört und in den Philosoph. Transact. 1868, S. 529 nachzulesen ist, war es möglich, eine Nichtcoincidenz von 0,02 einer Theilung der Mikrometerschraube, entsprechend 0,046 Milliontel eines Millimeters, noch wahrzunehmen.

Die genaue Untersuchung der hellsten Linie des aus drei hellen Linien bestehenden Spectrums des Orionnebels, ergab keine Verschiebung, welche dem eben bezeichneten Betrage gleichkäme. Es geht demnach aus diesen Beobachtungen hervor, dass, wenn jene Linie wirklich vom Stickstoffe herrührt, der Nebel sich nicht mit einer Geschwindigkeit von uns entfernt, die grösser ist als 10 englische Meilen in der Secunde; denn eine solche Bewegung addirt zur Bewegung unserer Erde, würde eine messbare Verschiebung der Linie hervorgerufen haben. Wenn sich hingegen der genannte Nebelfleck unserer Erde nähert, so kann dies mit einer Geschwindigkeit von 25 Meilen pro Secunde geschehen, ohne in dem Huggins'schen Apparate nachweisbar zu sein, da durch die Bewegung der Erde selbst, der Einfluss jener Bewegung des Nebels auf die Lichtstrahlen, aufgehoben würde.

Glücklicher war Huggins bei seinen Fixsternbeobachtungen, wozu er Sirius, Prokyon, Castor, Beteigeuze, Aldebaran und einige andere Sterne wählte. Doch sind bis jetzt von diesem eifrigen Beobachter nur die Untersuchungen am Sirius veröffentlicht worden, da er die übrigen Untersuchungen bei günstiger Gelegenheit, die sich selten findet, nochmals wiederholen will. Die Hauptschwierigkeit bei diesen Beobachtungen ist die Unruhe der Atmosphäre. Wenn auch die Sterne 1. und 2. Grösse hinreichend hell erscheinen, um im grossen Spectroskope beobachtet werden zu können, und wenn auch die Linien ihrer Spectra scharf und deutlich zu sehen sind, sobald die Luft ruhig ist, so tritt doch dieser letztere günstige Umstand nur selten ein; gewöhnlich zeigen sich die Linien so unstetig, dass nicht daran zu denken ist, die Coincidenzen mit dem Grade der Genauigkeit, wie er für diese Untersuchungen nothwendig erscheint, zu bestimmen. Huggins bemerkt, dass er sich oft Stunden lang mit der Ermit-

Digitized by Google

telung der Lage einer einzigen Linie beschäftigt habe, aber dass ihm selbst das Mittel zahlreicher Beobachtungen nicht genau genug erschien, um über die Coincidenz mit der Vergleichungslinie zu urtheilen. Unter solchen Umständen erscheint Sirius mit den vier hellen Linien seines Spectrums noch am geeignetsten zu einer genauen Untersuchung, trotzdem die geringe Höhe des Sternes die Beobachtung desselben nur während einer Stunde vor und einer Stunde nach der Culmination erlaubt. Huggins beschränkte seine Vergleichungen auf die mit der Wasserstofflinie *F* coincidirende Linie. Durch das grosse Spectroskop gesehen, erscheint diese Linie etwa so breit wie die Doppellinie *D*. Zur Vergleichung wurde das Spectrum des Wasserstoffs in der Vacuumröhre, welche vor dem Objectiv angebracht ist, benutzt, während der Spalt so schmal als möglich gemacht ward. Der Zustand der Atmosphäre war günstiger als gewöhnlich und die Siriuslinie mit grosser Deutlichkeit zu erkennen. Die Linie des Funkens war viel schmäler, etwa $^1/_5$ so breit und zeigte sich, wenn der Strom geschlossen wurde, deutlich auf dem dunkeln Siriusstreifen. Zahlreiche Beobachtungen überzeugten Huggins, dass die schmale Wasserstofflinie nicht in die Mitte der Sternlinie fällt, sondern scheinbar in einer Entfernung davon liegt, welche dem dritten oder vierten Theile des Zwischenraumes der beiden *D*-Linien gleich ist. Der Beobachter war nicht im Stande, diese Entfernung von der Mitte direct zu messen, aber einige sorgfältige Schätzungen ergaben einen Werth von 0,04 der Mikrometerschraube mit dem wahrscheinlichen Fehler von $^1/_8$. Beobachtungen in anderen Nächten zeigten gleichfalls, dass die Siriuslinie unbedeutend weniger abgelenkt ist als die Wasserstofflinie, aber bei keiner Gelegenheit war die Luft ruhig genug, um diesen geringen Unterschied zu messen. „Ich glaube sonach," sagt Huggins, „dass meine Beobachtungen zu dem Schlusse führen müssen, dass Wasserstoff in der Siriusatmosphäre vorhanden ist, und dass der vereinigte Einfluss der Bewegung der Erde und des Sirius zur Zeit der Beobachtung eine Verschiebung der Siriuslinie nach dem Roth hin hervorruft, welche 0,04 der Mikrometerschraube entspricht. Da nun 0,01 des Mikrometers in diesem Theile des Spectrums gleich ist der Wellenlänge von 0,02725 Milliontel eines Millimeters, so beträgt die totale Verminderung 0,109 Milliontel eines Millimeters. Nimmt man die Fortpflanzung des Lichtes zu 185 000 (englischen) Meilen in der Secunde an, und die Wellenlänge der *F*-Linie gleich 486,5 Milliontel eines Millimeters (nach Angström ist dieselbe 486,52, nach Ditscheiner 486,49), so zeigt die beobachtete Veränderung der Wellenlänge an, dass Sirius und Erde sich mit einer Geschwindigkeit von 41,4 (englischen) Meilen in der Secunde von einander entfernen. Ein Theil dieser Bewegung gehört der Erde an. — Der Einfluss der Erdbewegung auf das Licht eines Sternes wird am grössten, wenn derselbe in der Ebene der Ekliptik liegt und vermindert sich in demselben Grade, als die Breite des Sternes grösser wird. Bezeichnet man die Geschwindigkeit der Erde mit v, ihre Länge mit l, die Länge des Sternes mit l' und

Digitized by Google

seine Breite mit λ, so ist die Geschwindigkeit, mit der sich die Erde in der Richtung der Sehlinie bewegt:

$$v' = v \cos \lambda \,.\, \sin (l - l').$$

Hiernach berechnet sich, dass zur Zeit der Beobachtung die Erde sich vom Sirius mit einer Geschwindigkeit von etwa 12 (englischen) Meilen in der Secunde entfernte. Da nun die Beobachtungen ergeben haben, dass beide Körper sich in jeder Secunde 41,4 (englische) Meilen von einander entfernen, so müssen wir annehmen, dass der Sirius selbst sich mit einer Geschwindigkeit von 29,4 Meilen in der Secunde von uns hinwegbewegt."

Es wurde mit Vorbedacht hier ausführlicher auf die Untersuchungen von Huggins über die Bewegungen der Fixsterne in der Richtung der Sehlinie eingegangen, weil sie zu den merkwürdigsten Arbeiten der neueren Wissenschaft gehören. Zwar liegen diese Untersuchungen noch durchaus im Zustande der Kindheit, aber sie berechtigen zu den schönsten Hoffnungen für die Zukunft, und schon hat Zöllner in seinem Reversionsspectroskope ein Instrument geliefert, das an Genauigkeit und Leichtigkeit der Anwendung, den Apparat von Huggins bei weitem übertrifft. —

Noch ist es hier der Ort, einiger zum grossen Theile theoretischer Untersuchungen zu gedenken, welche Klinkerfues und Hoek sowohl über den Einfluss einer Bewegung der Lichtquelle, als der Bewegung eines durchsichtigen Mittels auf den Lichtstrahl, angestellt haben. Die Untersuchungen von Klinkerfues haben diesen scharfsinnigen Gelehrten zu gewissen Versuchen über die Bewegung der Erde und der Sonne durch den, die Himmelsräume erfüllenden, Aether geleitet, deren bezüglich ihrer Methode und der erlangten Resultate hier kurz gedacht werden muss. Das Princip ist folgendes. Der Strahl einer sehr hellen Lampe wird durch das Spaltfernrohr eines Spectralapparates in der Richtung von Süd nach Nord, dann durch ein analysirendes Prisma à vision directe hindurchgeleitet, darauf unter rechtem Winkel abwechselnd nach West und nach Ost gespiegelt und zwei entsprechenden Beobachtungsfernrohren zugeführt. So weit die uns bekannte Bewegung der Erde in Betracht kommt, ist die Bewegung der Lampe wie die des ganzen Apparates um Mittag sehr nahe nach einen im Westen stehenden Sterne gerichtet, um Mitternacht wird derselbe Punkt der Sphäre im Osten stehen; die Bewegung der Lampe ist also zu der ursprünglichen vor der Spiegelung stattfindenden Richtung des Strahles senkrecht. Bringt man durch Verbrennen in der Flamme das Natriumspectrum hervor, so wird dieses mit seiner gewöhnlichen, einer ruhenden Lampe entsprechenden Wellenlänge auftreten. An diesem Verhalten wird durch die nun folgende Spiegelung des Strahles nichts geändert, da offenbar Farbe und Wellenlänge dieselben bleiben. Schiebt man aber nun um Mittag in den nach West abgelenkten Strahl eine zwischen planparallelen Gläsern eingeschlossene Säule von

Digitized by Google

Bromdämpfen ein, so wird das Absorptionsspectrum des Brom seine gewöhnliche Lage nicht mehr behaupten können. Denn die vor dem Strahl her fliehende Bewegung des Brom wird die Anzahl der Wellen einer Farbe, welche in gegebener Zeit durch ein Molecül des Brom gehen, vermindern; es wird also die Absorption auf kleinere und zwar solche Wellenlänge übergehen, welche erst unter dem Einflusse der Erdbewegung die gewöhnlichen Wellenlängen der Absorptionsstreifen des Brom annehmen. Die zwischen der *D*-Linie und dem Violett gelegenen Streifen des Bromspectrums entfernen sich also hier von dem Natriumspectrum; die statthabende Verschiebung kann mit dem Mikrometer des Beobachtungsfernrohres leicht und scharf gemessen werden. Wird darauf gleicherweise der Strahl der Lampe nach Ost geleitet und die Bromsäule eingeschoben, so läuft dieselbe mit der Erdbewegung dem Strahle entgegen und die Absorption geht auf grössere Wellenlängen über. Das Bromspectrum nähert sich auf dieser Seite dem Flammenspectrum des Natrium. Um Mitternacht, wo die Erdbewegung nach dem östlichen Theile des Himmels gerichtet ist, vertauschen die beiden Beobachtungsfernrohre ihre Stellen. An dem von West nach Ost gerichteten zeigt sich nun eine Verminderung des Abstandes des Brom- vom Natriumspectrum, an dem von Ost nach West gerichteten eine Vergrösserung. Die Summe dieser Verschiebungen im Mittag und Mitternacht, ihrer absoluten Grösse nach genommen, würde im Maximum 0,0004 der Wellenlänge der eingestellten Bromlinie entsprechen. Wenn die Beobachtungsfernrohre bei horizontaler Axe nicht ganz in die Richtung der Erdbewegung fallen und der den Apparat umgebende Aether dieser Bewegung zum Theile folgt, so wird ein geringerer Betrag erwartet werden müssen. Die Beobachtungen, welche Professor Klinkerfues zwischen dem 25. März und 3. Mai 1870 jeden Tag gegen Mittag und Mitternacht in einem gegen das Eindringen von Tageslicht sorgfältig geschützten Raume angestellt hat, haben nun in der That eine Verschiebung des Bromspectrums gegen das Natriumspectrum und zwar an beiden Beobachtungsfernrohren in dem oben erwarteten Sinne ergeben. Die Wellenlänge des Streifens wurde aber nicht um 0,0004, sondern bloss um $\frac{1}{12,600}$ ihrer Grösse, also nur um $^1/_5$ des erwarteten Betrages geändert. Wie dieser Minderbetrag zu erklären ist, muss vorläufig dahin gestellt werden. Klinkerfues glaubt nicht, dass die Ursache desselben in einer bedeutenden Bewegung der Sonne im Weltraume, welche zu dieser Jahreszeit die Bewegung der Erde um die Sonne so weit compensirt haben könnte, sondern vielmehr darin zu suchen sei, dass die Voraussetzung ruhenden Aethers nicht ganz erfüllt sei. Der Director der Sternwarte zu Göttingen findet es nicht allzu überraschend, in geringer Höhe über dem Fussboden den Aether noch zum grössern Theile die Erde begleiten zu sehen, ja er bemerkt, dass man sogar auch darauf vorbereitet sein dürfte, dass die Höhe über dem Meere dabei eine Rolle spiele. (Vergl. Astron. Nachrichten Bd. 66 und 75.)

Digitized by Google

Die Untersuchungen von Hoek, welche oben erwähnt wurden, haben gleichzeitig ein rein physikalisches und ein astronomisches Interesse; jenes, indem sie die Fresnel'sche Formel für den Einfluss der Bewegungsgeschwindigkeit eines durchsichtigen Mediums auf den absoluten Brechungscoefficienten desselben bis auf $^1/_{55}$ ihres Werthes als mit der Erfahrung übereinstimmend darstellen; dieses, indem die translatorische Bewegung der Erde mit in den Versuch hineingezogen wurde. Es wurden hierbei zwei Fernrohre in einem gewissen Abstande mit ihren Objectiven horizontal einander gegenüber gestellt. Im Brennpunkte des einen war ein feiner, durch das Licht einer gewöhnlichen Lampe erleuchteter Spalt angebracht, im Brennpunkte des andern, senkrecht zur Axe, ein ebener Metallspiegel. Hierdurch wird bewirkt, dass sämmtliche von dem erleuchteten Spalte auf das erste Objectiv fallende Strahlen das ganze System zwei Mal in entgegengesetzter Richtung durchlaufen, direct und von dem Spiegel reflectirt. Es entsteht daher an derselben Stelle, wo sich der Spalt befindet, ein reelles Bild desselben. Schickt man nun aber einen gewissen Theil des zwischen beiden Objecten befindlichen Strahlencylinders durch die Schichten eines durchsichtigen Mediums, indem man beispielsweise eine von planparallelen Gläsern eingeschlossene Wassersäule einschaltet, so sind die Räume, welche beide Strahlensysteme auf dem Hin- und Rückwege durchlaufen, im Zustande der Ruhe des Systems, optisch durchaus gleichwerthig, so dass sich die einzelnen Lichtstrahlen bei ihrer Vereinigung in gleicher Oscillationsphase befinden. Wird dagegen dem ganzen Apparate eine Bewegung in paralleler Richtung mit seiner optischen Axe ertheilt, so wird, unter Voraussetzung einer partiellen Mitbewegung des Aethers im bewegten Wasser, der eine Theil der Strahlen (die sich vor und nach der Spiegelung in entgegengesetzter Richtung bewegen) im entgegengesetzten Sinne des andern Theiles verschoben, so dass beide Strahlentheile bei ihrer Vereinigung sich rücksichtlich ihrer Schwingungsphase von einander unterscheiden. Wenn man daher das Bild des Spaltes gesondert untersucht, resp. dasselbe mittels eines Prismas in seine Bestandtheile zerlegt, so werden in dem letztern Falle Interferenzerscheinungen auftreten, deren Lage und Zahl die Grösse der stattgefundenen Verschiebung zu bestimmen erlaubt. Um diese Trennung des optischen Bildes von seinem Objecte zu bewirken, ist einfach in der Axe des ersten Fernrohres zwischen Spalt und Objectiv eine planparallele Glasplatte unter einem Winkel von 45° gegen die Axe des Instrumentes angebracht, welche den vom Spalt ausgehenden Strahlen ungehindert den Durchgang gestattet und gleichzeitig die Strahlen des optischen Bildes seitlich von der Axe des ersten Fernrohres vereinigt. Am Orte dieser Vereinigung ist eine Oeffnung im Fernrohre angebracht, welche die angedeutete prismatische Zerlegung gestattet. Die Resultate, welche mit dem sojetzt beschriebenen Apparate erhalten wurden, sind übrigens durchaus negativer Natur. Selbst unter den günstigsten Bedingungen haben sich keinerlei Interferenzstreifen gezeigt.

Digitized by Google

Hoek hat aber auch nachgewiesen, dass dieses negative Resultat nur dann stattfinden kann, wenn Fresnel's Formel der richtige Ausdruck für die Verzögerung resp. Beschleunigung der Ausbreitung einer Lichtwelle in einem bewegten Medium ist. Die Richtigkeit der nämlichen Formel erklärt nicht minder das negative Resultat, zu welchem Arago gelangte, indem er die Unterschiede der Brechungscoefficienten der einzelnen Strahlen von Fixsternen untersuchte, als die Bewegung der Erde diesen Sternen zu- und als sie von ihnen abgewandt war. Die theilweise Mitbewegung des Aethers in durchsichtigen Medien ist gegenwärtig nicht mehr in Abrede zu stellen, ja sie war schon durch Fizeau's Untersuchungen, freilich mit einem nur geringen Grade von Sicherheit erwiesen; aber die Grösse dieser Mitbewegung festzusetzen muss der Zukunft anheimgestellt bleiben. (Vergl. Vierteljahrsschrift d. Astr. Gesellsch. II. 3, S. 178—181.)

Digitized by Google

Parallaxen der Fixsterne.

Von den translatorischen Bewegungen der Fixsterne wenden wir uns zu ihren optischen Bewegungen an der Himmelsdecke, soweit dieselben nach dem Plane des gegenwärtigen Werkes hier näher behandelt werden müssen. Also nicht der, allen Fixsternen gemeinsamen Präcessionsbewegung, die durch Verschiebung der Anfangspunkte, von welchen die Längen und Rectascensionen gezählt werden, hervorgerufen ist, wird hier gedacht; ebenso wenig der Nutation, des Wankens der Erdaxe, wie es sich zuerst in den bewundernswürdigen Beobachtungen des unvergleichlichen Bradley gezeigt hat: sondern nur der parallactischen Verschiebungen, wie sie die neueren Beobachtungen bei einer kleinen Anzahl von Fixsternen messbar gezeigt haben.

Die Wichtigkeit der Bestimmung von Fixstern-Parallaxen trat zuerst an die beobachtende Astronomie heran, als das neue Weltsystem des Copernicus, die anderthalb Jahrtausende hindurch herrschend gewesene geocentrische Anschauungsweise, wie sich dieselbe in der unrichtigen Ptolemäi'schen Vorstellung der Weltordnung ausspricht, zu verdrängen begann. Allein wenn der priesterliche Astronom von Thorn, der unsterbliche Copernicus, nur die geringste Ahnung von den mechanischen Stabilitätsbedingungen der Systeme himmlischer Körper hätte besitzen können: er würde von vornherein jede Hoffnung aufgegeben haben, mittels seiner selbstgetheilten Quadranten die reflectirte Ortsbewegung der Erde in der parallactischen Veränderung der Fixsternörter nachweisen zu wollen. Aber erfüllt von der innern Ueberzeugung der Richtigkeit seines heliocentrischen Planetensystems, sprach er es kühn aus, dass die wahren Distanzen der Fixsterne zu gross seien, um Parallaxen mit Hülfe von Instrumenten erkennen zu können, mittels deren Beobachtungen erhalten wurden, die, wenn selbst mit Fehlern von 15′ behaftet, bereits genau erscheinen mussten. Schon weiter ging der grosse Beobachter Tycho

Digitized by Google

Brahe, allein trotz seiner kolossalen, für die damalige Zeit bewundernswürdigen Instrumente konnten die, nur mit blossem Auge angestellten, Beobachtungen keine grössere Genauigkeit der Oerter als bis zu 3 oder 4 Bogenminuten gewähren. Das Fehlen jeder Parallaxe der Fixsterne, welche diese Grösse erreichte, bewies damals also nur einen grössern Abstand des Fixsternhimmels von der Erde, als 1100 oder 1200 Erdbahnradien, entsprechend einer Distanz von 22 000 bis 24 000 Millionen geographischer Meilen. Bis zu Flamsteed's Beobachtungen stieg die Schärfe der Messungen zum Vierfachen der Genauigkeit von Tycho's Bestimmungen und gleichzeitig ward damit die Distanz der nächsten Fixsterne bis über 100 000 Millionen Meilen hinausgerückt; aber um wieviel sie diesen Minimalabstand überschritt, entzog sich durchaus jeder Muthmaassung. Ebenso vergeblich waren die Untersuchungen, welche Jacob Cassini in den Jahren 1714 und 1715 zur Ermittelung der Parallaxe des Sirius mit Hülfe eines feststehenden Fernrohres anstellte. Der Werth von 10″, zu welchem er gelangte, erklärt sich aus Instrumental- und Beobachtungsfehlern, sowie aus dem Einflusse der damals noch nicht bekannten Aberration des Lichtes. Auch genügte das erlangte Resultat seinem Urheber so wenig, dass er die Parallaxe des Sirius thatsächlich für unmerklich erklärte und das Gleiche von den Parallaxen aller übrigen Fixsterne behauptete. (Cassini Elémens d'Astr. 1741, p. 51.)

Die bewundernswürdig genauen Messungen, welche der unvergleichliche Bradley im Vereine mit Molineux mittels seines ausgezeichneten dreizehnfüssigen Zenithsectors im Jahre 1728 zu Kew und Wanstead angestellt, waren ausschliesslich in der Absicht unternommen worden, die Parallaxe von γ Draconis zu untersuchen. Wenn diese Beobachtungen auch nicht direct zur Auffindung der jährlichen Parallaxe jenes Sterns führten, so leiteten sie doch Bradley auf die Entdeckung der Aberration des Lichtes und haben neuerdings in der genauern und erschöpfenden Discussion, welche Auwers ihnen widmete, allerdings zu einem genäherten Werthe für die Parallaxe von γ Draconis geleitet. In der That fand Auwers, als er aus den 94 Beobachtungen, welche Molineux von diesem Sterne zu Kew angestellt, die Aberrationsconstante ableitete, gleichzeitig die absolute jährliche Parallaxe von γ Draconis zu $0{,}0917'' \pm 0{,}0705''$ entsprechend einer Distanz von 2 292 000 Erdweiten. Die Unsicherheit dieses Resultates ist, wie aus der Kleinheit des parallactischen Winkels und der Grösse des wahrscheinlichen Fehlers zur Genüge erhellt, nothwendig eine beträchtliche. Nichtsdestoweniger besitzt dasselbe einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit, und ist nicht weiter zu vergleichen mit dem Ergebnisse von 15″, zu welchem 1674 Hooke (und Flamsteed) für denselben Stern gelangt waren (An attempt to prove the motion of the earth from observations by Rob. Hooke 1674). Die Untersuchungen der Doppelsterne durch William Herschel waren fast ausschliesslich durch den Gedanken hervorgerufen worden, einen Vorschlag Galilei's (Opere di Galileo Galilei, Vol. XII, p. 206. Milano 1811) zu realisiren, den

Digitized by Google

der berühmte florentinische Physiker machte, als er sagte: „Ich glaube, dass manche Fixsterne zwei und drei Mal entfernter sind als andere, so dass, wenn man im Felde eines Fernrohres in der unmittelbaren Nähe eines sehr hellen Sternes einen lichtschwachen erblickt, man vielleicht eine merkwürdige Veränderung in der gegenseitigen Lage beider wahrnehmen könnte." Uebrigens führten Herschel's Beobachtungen zu keinem Resultate; er gelangte aus seinen Messungen von ε Bootis im Jahre 1782 zu dem Ergebnisse, dass die Parallaxendifferenz der Componenten dieses Doppelsterns gleich Null sei, was, wie wir heute wissen, thatsächlich der Fall ist, indem beide Sterne physisch mit einander verbunden sind und gleich weit von unserer Erde abstehen.

Nicht minder negativer Natur waren die Resultate, welche Calandrelli und 1805 Piazzi für eine Reihe von Sternen erster Grösse (Sirius, Procyon, Wega, Aldebaran) erhielten. Allerdings gelangte Piazzi für einige andere Sterne zu positiven Parallaxen, allein die gefundenen Werthe vermochten vor einer strengern Kritik nicht zu bestehen. (Mem. Soc. Ital. IX. 1802).

Eine langjährige, aber leider ebenfalls nicht erfolgreiche Thätigkeit, verwandte Brinkley in Dublin auf die Ermittelung der Fixsternparallaxen. Im Jahre 1815 gab er für einige helleren Sterne folgende Werthe ihrer jährlichen Parallaxen:

α Lyrae . . .	1,2″	δ Aquilae . . .	3,2″
α Aquilae . . .	1,6	γ Aquilae . . .	2,2
α Ophiuchi . .	1,6	β Aquilae . . .	2,4

Allein nach den bis dahin vorliegenden negativen Resultaten, konnten diese Werthe nur mit Vorsicht aufgenommen werden; auch modificirte Brinkley dieselben mehrfach (z. B. für α Lyrae 0,57″ statt 1,2″) und Pond's genauere Untersuchungen widersprachen denselben entschieden. (Phil. Trans. 1817, 1818, 1823).

Erst dem Heliometer und dem Filarmicrometer Fraunhofer's war es vorbehalten, unter den Händen von Bessel und F. W. Struve die ersten zuverlässigen Resultate für die Parallaxen zweier Fixsterne zu liefern.

Schon im Jahre 1812 war Bessel auf die ungemein bedeutende Eigenbewegung von 61 Cygni aufmerksam geworden, und schloss daraus mit vielem Rechte auf eine verhältnissmässig grosse Nähe dieses unscheinbaren Doppelsternes. Allein die unzureichenden Hülfsmittel, welche dem grossen Astronomen damals zu Gebote standen, verhinderten eine eingehendere Untersuchung, und in den Jahren 1815 und 1816 war er noch zu keinem annehmbaren Resultate gelangt. Vom August 1812 bis zum September 1813 stellten Arago und Mathieu, mittels eines ausgezeichneten Reichenbach'schen Repetitionskreises, eine Reihe absoluter Declinationsbeobachtungen von 61 Cygni an. Die Berechnung derselben ergab eine Parallaxe von etwa 0,5″, allein eine genauere Revision dersel-

Digitized by Google

ben führte später sogar zu einem negativen Resultate. (Arago, Astronomie I., Cap. 33.) Das Gleiche gilt von den Untersuchungen desselben Sterns, welche Lindenau 1812 anstellte. Bessel's Beobachtungen begannen mit dem 18. August 1840. Die angewandte Methode bestand in der mikrometrischen Verbindung der Mitte des Doppelsterns mit zwei beträchtlich kleinen, fast unbewegten Sternen *a* und *b*, von denen der erstere in einer fast senkrecht zur Verbindungslinie der Componenten von 61 Cygni stehenden Richtung liegt, während der andere nahe in der Verlängerung jener Linie steht. Bessel's erste Resultate beruhen auf seinen eigenen Beobachtungen zwischen 1837 August 18 und 1838 October 2, sie ergaben als wahrscheinlichen Werth der relativen Parallaxe nach den eigenen Rechnungen des berühmten Astronomen:

$$\pi = 0{,}3136'' \pm 0{,}0136''.$$

Diese Parallaxe basirt auf 85 gemessenen Abständen von dem kleinen Sterne *a* und 98 Abständen von *b*. Uebrigens betrachtete Bessel dieses, in Nr. 365 und 366 der Astronomischen Nachrichten mitgetheilte, Resultat nur als ein vorläufiges, welches „nicht zweifelhaft lässt, dass die jährliche Parallaxe des 61. Sterns im Schwane eine Grösse besitzt, die sich in den Beobachtungen, wenn sie mit einem geeigneten Apparate und oft wiederholt gemacht werden, sicher verräth." Bessel hielt es für wünschenswerth, die Beobachtungen weiter fortzusetzen. In Nr. 401 der Astronomischen Nachrichten theilt er die definitiven Resultate seiner Arbeit mit. „Die Beobachtungen," heisst es dort, „sind jetzt bis zum Ende des März 1840 fortgesetzt worden, erstrecken sich über 2 Jahre und 7 Monate und liefern 188 Messungen der Entfernung der Mitte zwischen beiden Sternen des Doppelsterns 61 Cygni von dem Sternchen *a* und 214 Messungen dieser Entfernung von dem Sternchen *b*. Durch diese mehr als verdoppelte Anzahl der Beobachtungen hoffe ich, eine noch genauere Bestimmung der jährlichen Parallaxe zu erhalten, auch den relativen eigenen Bewegungen der beiden mit 61 Cygni verglichenen Sternchen eine grössere Sicherheit zu geben." — „Der häufige Gebrauch, welcher seit 10 Jahren von dem grossen Heliometer gemacht worden war, veranlasste mich, gleich nach der Beendigung der schon bekannt gemachten Beobachtungen 61 Cygni, das Instrument in seine einzelnen Theile zerlegen und jeden davon sorgfältig untersuchen zu lassen, damit etwaige entstandene Beschädigungen in ihrem Fortgange gehemmt und dem Instrumente nicht verderblich werden möchten. Es fanden sich wirklich Einflüsse des langen Gebrauches, an der Hülse, in welcher die Declinationsaxe sich dreht, sowie auch an den Mikrometerschrauben, deren Spitzen sowohl selbst angegriffen waren, als auch die Platten von Glockenmetall, worauf sie sich stützen, angegriffen hatten. Beides wurde durch den Mechanicus Herrn Steinfurth wieder in den gehörigen Stand gesetzt; auch wurden die Unterlegeplatten von Glockenmetall durch andere von gehärtetem Stahl ersetzt, und Aenderungen des Mechanismus, welcher die

Digitized by Google

Drehung der Mikrometerschrauben vermittelt, angebracht, deren Erfolg eine beträchtliche Erleichterung der Beobachtungen sein sollte und wirklich gewesen ist. Nachdem das Instrument wieder aufgestellt war, fing ich die neue Reihe der Beobachtungen 61 Cygni am 12. November an und trieb sie bis zum 9. Juli 1839; worauf ich sie, durch eine Reise nach Berlin, Altona und Bremen veranlasst, einem meiner Gehülfen, Herrn Schlüter, übergab, der sie ununterbrochen bis Ende März 1840 fortgesetzt, auch dabei so grosse Genauigkeit und Unermüdlichkeit bewährt hat, dass ich das, was er geleistet hat, für so gut und vollständig anerkenne, als es mit dem angewandten Apparate nur geleistet werden kann."

Aus der Gesammtheit aller Messungen berechnete Bessel die jährliche Parallaxe von 61 Cygni zu $0{,}3483'' - 0{,}0533'' k$, mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0,0095". Der Factor k bezieht sich auf eine Correction des berücksichtigten Einflusses der Wärme auf die Messungen und wurde von Bessel vorläufig gleich Null gesetzt. Später hat Peters, theilweise auf Bessel's eigene Untersuchungen über diesen Einfluss gestützt, jene Wärmecorrection berücksichtigt, und dadurch den definitiven Werth der Parallaxe von 61 Cygni zu 0,3744", entsprechend einer Distanz von 550 900 mittleren Abständen der Erde von der Sonne, festgesetzt. Am Schlusse seiner zweiten Abhandlung über die Parallaxe des 61. Sterns im Schwane bemerkt Bessel: „Dass es für jetzt ein beträchtliches Interesse hätte, die Beobachtungen 61 Cygni fortzusetzen, sehe ich nicht, da ich jetzt auch an der nahen Richtigkeit der Bestimmung der jährlichen Parallaxe dieses Sterns ebensowenig zweifle, als ich zur Zeit des Schlusses der ersten Abtheilung der Beobachtungen, an ihrer für das angewandte Instrument wahrnehmbaren Grösse gezweifelt habe. Ich habe also die Beobachtungen vorläufig geschlossen."

Diese Ueberzeugung, von der nahen Richtigkeit der Bessel'schen Parallaxe, musste sich den Astronomen um so mehr aufdrängen, als Peters in den Jahren 1842 und 1843 an 55 Tagen die Zenithdistanzen des hellern der beiden Componenten von 61 Cygni mittels des grossen Ertel'schen Verticalkreises zu Pulkowa beobachtete und aus diesen Messungen den Werth der absoluten Parallaxe zu 0,349" mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0,080" berechnete. (Struve Astr. stell. p. 99.) Das grosse Oxforder Heliometer, mittels dessen Johnson vom Juli 1852 bis zum December 1853 Abstände zwischen 61 Cygni und zwei (von den Bessel'schen indess verschiedenen) benachbarten Sternen maass, lieferte eine Parallaxe von 0,42". Auch dieser Werth konnte noch als verhältnissmässig in genügender Uebereinstimmung mit Bessel's Parallaxe betrachtet werden; allein die Untersuchungen von Schlüter und Wichmann führten inzwischen zu dem unerwarteten Resultate, dass für grössere absolute Distanzen, die Messungen mittels des Königsberger Heliometers relativ beträchtlichen, gesetzmässigen Fehlern unterworfen seien. Unter gewissen, begründeten Voraussetzungen über den Einfluss dieser Fehlerquelle auf

Digitized by Google

die Messungen, berechnete Peters 1849 die Königsberger Beobachtungen von 61 Cygni neu, allein das von ihm erhaltene Resultat:

$$\pi = 0{,}360'', \text{ wahrscheinlicher Fehler: } \pm 0{,}012''$$

zeigte sich nur unbedeutend von dem frühern Werthe abweichend. Unter diesen Umständen wurde das Resultat, welches 1854 Woldstedt aus O. Struve's Messungen zur Bestimmung der Parallaxe von 61 Cygni abgeleitet hatte und welches diese Parallaxe zu 0,52″ ergab, nur wenig beachtet. Erst die ausführliche Veröffentlichung dieser Beobachtungsreihen im Jahre 1859, zeigte deren ausserordentliche Genauigkeit und gleichzeitig neben hoher Uebereinstimmung der unabhängig von einander aus Distanzmessungen und Positionswinkelbestimmungen abgeleiteten Werthe der Parallaxe, eine völlige Unvereinbarkeit derselben mit Bessel's Werthe. Hierdurch veranlasst, begann Auwers im September 1860 eine neue Beobachtungsreihe von 61 Cygni mittels des Königsberger Heliometers. Dieselbe wurde bis zum Juni 1862 in der Art fortgeführt, dass sich die Parallaxe aus derselben frei von jeder Hypothese über das Gesetz der in den Heliometermessungen aufgefundenen Fehler, ermitteln liess. Das Resultat war:

$$\pi = 0{,}5638'', \text{ wahrscheinlicher Fehler: } \pm 0{,}0162''.$$

Dieses Resultat veranlasste den im Rechnen geradezu unermüdlichen Auwers zu einer neuen, kritischen Untersuchung der früheren Messungen. Es ergab sich, dass die Beobachtungen Bessel's in den ersten vierzehn Monaten durchaus unvereinbar mit den späteren Messungen sind, allein die wahre Ursache des Fehlers liess sich trotz zahlreicher Versuche und Rechnungen nicht ermitteln. Am Schlusse seiner grossen und wichtigen Arbeit (Abhandlungen der königl. Akademie der Wissenschaft, mathematische Classe, 1868) gibt Auwers folgende Uebersicht der für die Parallaxe von 61 Cygni aus mikrometrischen Messungen erhaltenen Werthe:

Bessel aus den ersten 14 Monaten	$\pi = 0{,}357''$
Bessel aus den letzten 3 Monaten, und Schlüter . . .	0,536″
Johnson aus den ersten 11 Monaten	0,526″
Johnson aus den letzten 7 Monaten	0,192″
Struve	0,511″
Auwers	0,564″

Auwers glaubt, dass der Struve'sche Werth unter allen bisherigen der Wahrheit am nächsten komme, und zwar wegen der Einwendung, die man gegen alle bisher heliometrisch ermittelten Parallaxen von 61 Cygni machen könne: dass bei ihrer Bestimmung ein nicht physisch markirter Punkt (nämlich die Mitte des Doppelsterns) zur Pointirung gewählt ist.

Die Parallaxe 0,511″ gibt die Entfernung von 61 Cygni zu 403 650 Sonnenweiten, entsprechend 8 Billionen geographischer Meilen. Diese Distanz durchläuft das Licht bei einer Geschwindigkeit von 40 159 geographischen Meilen per Secunde, in 2305 mittleren Tagen. —

Digitized by Google

Die frühesten Beobachtungen Struve's zur Bestimmung der Parallaxe von α Lyrae gehen bis zum November 1835 zurück. In den Mensuris micrometr. stell. dupl. p. CLXX u. ff. leitet der berühmte Beobachter aus 17 zwischen 1835 November 3 und 1836 December 31 gemessenen Abständen von α Lyrae und einem kleinen (10,5 Gr.) optischen Begleiter in 43″ Distanz, die Parallaxe der Wega zu 0,125″ ± 0,055″ her. Dieses Resultat sollte übrigens nur ein vorläufiges sein. In Nro. 396 der Astronomischen Nachrichten gab Struve im October 1839 einen definitiven Werth, gestützt auf eine Folge von Messungen, die bis zum 18. August 1838, 96 Mal den Winkelabstand zwischen α Lyrae und dem eben genannten kleinen Sterne bestimmten. „Aus diesen Messungen," bemerkt Struve, „liess sich nun die Parallaxe auf zweifache Weise ableiten, nämlich sowohl aus den beobachteten Abständen als aus den gemessenen Richtungen der die beiden Sterne verbindenden Linie gegen den Declinationskreis, den sogenannten Positionswinkeln. Da aber Umstände vorhanden sind, welche die Sicherheit der letzteren beeinträchtigen, so durften sie für die Bestimmung der Parallaxe nicht mit in Betracht gezogen werden und es war nothwendig, diese aus den Abständen allein abzuleiten. — Nach Auflösung der 96 Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate, ergab sich die Parallaxe = 0,2613″ mit dem Gewichte 36,74 und dem wahrscheinlichen Fehler 0,0254″. Die Gewichteinheit ist hier das Gewicht eines einmaligen Abstandes, der jedesmal auf fünf Einstellungen zu beiden Seiten des unveränderten Coincidenzpunktes der Fäden beruht und für welchen aus den 96 Gleichungen der wahrscheinliche Fehler sich = 0,154″ ergab. — Da der für die Parallaxe gefundene Werth mehr als 10mal so gross ist, als dessen wahrscheinlicher Fehler, da keine constant im Sinne der Parallaxe wirkende Fehlerquelle anzunehmen ist, indem namentlich der Einfluss der Wärme auf den Werth eines Schraubenumgangs mit solcher Genauigkeit bestimmt ist, dass für 43″ Abstand auch bei den äussersten Temperaturen keine relative Unsicherheit von 0,001″ stattfindet, so scheint mir kein Grund übrig zu bleiben, die gefundene Parallaxe in Zweifel zu ziehen und ich setze ihr zufolge die Entfernung des Sterns α Lyrae vom Sonnensystem gleich 771 400 Halbmessern der Erdbahn." Spätere Untersuchungen auf der Sternwarte zu Pulkowa gaben die Parallaxe noch kleiner, im Mittel aus allen Messungen gleich 0,153″; am grossen Verticalkreise fand Peters sogar die absolute Parallaxe bloss zu 0,108″, ein Beweis, wie unsicher noch unsere Kenntnisse der Entfernung von α Lyrae sind. Airy glaubt (Mem. of the Royal Astr. Soc. Vol. X, p. 270), dass die Parallaxe dieses Sterns überhaupt für unsere gegenwärtigen Messinstrumente unmerklich sei.

Von gewissen Betrachtungen über Helligkeit und Eigenbewegung ausgehend, hat Struve in seinen Mensuris micr. folgende Sterne als am geeignetsten zur Parallaxenmessung vorgeschlagen:

α Tauri, Capella, Sirius, Procyon, Arcturus, α Lyrae, α Aquilae, Pollux,

Digitized by Google

Castor, 61 Cygni, 40 Eridani, μ Cassiopeiae, Nr. 540 Argel., p Ophiuchi, ξ Ursae majoris, γ Virginis, ζ Herculis.

Nur zum Theile haben sich bis jetzt die Hoffnungen, welche sich an die Untersuchung dieser Sterne, behufs Bestimmung ihrer absoluten Entfernung von unserm Sonnensysteme, knüpfen, realisirt. Es hat sich dabei das überaus merkwürdige und gänzlich unerwartete Resultat bestätigt gefunden, dass im Einzelnen die scheinbare Helligkeit keinerlei Maassstab für die Beurtheilung der Distanz eines Sterns abgeben kann. Wenn die 0,5″ übersteigende Parallaxe eines Sterns 6. Grösse, 61 Cygni, merkwürdig contrastirt mit der fast viermal kleinern Parallaxe eines weit hellern Sternes, ja des hellsten an der nördlichen Himmelshälfte, so sind dagegen die Resultate, welche sich in den überaus genauen Messungen von Henderson und Maclear für die Parallaxen des Sirius und α Centauri ergeben haben, womöglich noch merkwürdiger.

Die frühesten Angaben für die Parallaxe des Sirius, nach den Beobachtungen Henderson's am Mauerkreise der Capsternwarte, ergaben $\pi = 0{,}230''$, unter Zuziehung der späteren Beobachtungen von Maclear änderte sich dieser Werth in $\pi = 0{,}15''$, aber die neueste und exacte Berechnung von Gyldén ergibt die Parallaxe des Sirius zu 0,193″ entsprechend einer Distanz von 1 068 800 Sonnenweiten.

Die Beobachtungen zur Bestimmung der Parallaxe von α Centauri am Mauerkreise der Capsternwarte gehen zurück bis in die Jahre 1832 und 1833; das 1838 publicirte Resultat war $\pi = 0{,}91''$. Spätere, umfassendere Untersuchungen von Henderson und seinem Nachfolger Maclear, ergaben mit Einschluss der Messungen von 1839, $\pi = 0{,}9128''$; eine grosse Reihe von Zenithdistanzen in den Jahren 1842 bis 1844 sowie 1848 hat zu dem schliesslichen Werthe von $\pi = 0{,}9187''$ entsprechend 224 500 Halbmessern der Erdbahn geführt. (Monthly Notices XI. p. 131.)

Die Parallaxe von α Bootis ist von Rümker aus Beobachtungen am Hamburger Meridiankreise im Jahre 1847 zu 0,34″ bestimmt worden; aber die Messungen von Peters ergaben für diesen Stern den beträchtlich geringern Werth:

$$\pi = 0{,}127'', \text{ wahrscheinlicher Fehler: } \pm 0{,}073''.$$

Die Untersuchung der Dorpater Beobachtungen von 1818 bis 1838 hat Peters für den Polarstern zu einer Parallaxe von 0,106″, wahrscheinlicher Fehler: $\pm$ 0,012″ geführt. Die Beobachtungen am grossen Verticalkreise der Pulkowaer Sternwarte haben diesen Werth nahe bestätigt; sie ergaben $0{,}076'' \pm 0{,}013''$. Derselbe entspricht einer Distanz von unserer Erde, die 2 714 000 Erdbahnradien beträgt. Noch geringer und darum unsicherer, ergibt sich die Parallaxe der Capella. Peters findet für dieselbe $\pi = 0{,}046'' \pm 0{,}200''$, was auf eine Distanz von 4 484 000 Sonnenweiten führt. (Peters Rech. sur la parallaxe des étoiles fixes. 1848.)

Die Parallaxe von 1830 Groombridge ist lange der Gegenstand von Beobachtungen und Discussionen gewesen. Mit Uebergehung des gänz-

Digitized by Google

lich fehlerhaften Werthes $\pi = 1{,}08''$, den Faye dafür fand, gab O. Struve dieselbe nur zu $0{,}034''$, Wichmann zu $0{,}181''$ an. Die (48) Scheitelabstände, welche Peters in den Jahren 1842 und 1843 mit höchster Sorgfalt maass, ergaben für den Stern $\pi = 0{,}226''$, wahrscheinlicher Fehler: $\pm\ 0{,}141''$. Dieser Parallaxe entspricht eine Entfernung von unserm Sonnensystem gleich 912 700 Erdbahnradien.

Die Parallaxe von ι Ursae majoris ist in den Jahren 1842 und 1843 ebenfalls von Peters in Pulkowa bestimmt worden. Sie beträgt $0{,}133''$, wahrscheinlicher Fehler: $\pm\ 0{,}106''$, und führt auf eine Distanz dieses Sternes, welche 1 550 900 Sonnenweiten gleichkommt.

Im Jahre 1863 hat Krüger, aus einer genauen Discussion seiner früher am Bonner Heliometer angestellten Beobachtungen, die Parallaxe von 70 p Ophiuchi abgeleitet und dafür gefunden:

$$\pi = 0{,}162'', \text{ wahrscheinlicher Fehler: } \pm\ 0{,}0071''.$$

Hieraus ergibt sich die Entfernung dieses Doppelsterns = 1 271 700 Sonnenweiten und die Masse desselben = 3,1 Sonnenmassen.

Derselbe Astronom hat ebenfalls die Parallaxen von Nr. 21 258 Lalande und Nr. 7415 Oeltzen bestimmt. Er findet für die erstere aus Vergleichungen mit zwei benachbarten Sternen:

$$\pi = 0{,}260'', \text{ wahrscheinlicher Fehler: } \pm\ 0{,}020''.$$

Die Parallaxe des letztgenannten Sterns ergab sich ebenfalls aus Vergleichungen mit zwei nahestehenden Sternen:

$$\pi = 0{,}247'', \text{ wahrscheinlicher Fehler: } \pm\ 0{,}0211''.$$

Bald nach Entdeckung der beträchtlichen Eigenbewegung des Sternes 21185 Lalande, hat Winnecke, nach Argelanders Aufforderung, in den Jahren 1857 und 1858 eine Reihe von Heliometermessungen behufs Ermittelung der Parallaxe dieses Sternes angestellt. Die Berechnung derselben ergab (Astr. Nachr. Nr. 1147): $\pi = 0{,}511''$, wahrscheinlicher Fehler: $\pm\ 0{,}0152''$, entsprechend einem Abstande von 403 650 Erdbahnradien.

Die Bestimmung der Parallaxe von 34 Groombridge (8. Grösse) ist der Gegenstand genauer Untersuchungen von Auwers am Gothaer Aequatoreale geworden, wobei die chronographische Beobachtungsmethode angewandt wurde. (Abh. d. Berl. Akad. 1868.) Die Beobachtungen erstrecken sich von 1863 Februar 10 bis 1866 Juli 28 und umfassen 79 Tage, an denen der Stern mit zwei anderen 7. und 8. Grösse verglichen wurde. Diese Sterne, welche eine nur unbeträchtliche Eigenbewegung zeigen (während diejenige von 34 Groombridge nach Auwers jährlich $2{,}801''$ in der Richtung von $82{,}41^\circ$ beträgt), müssen in bedeutender Entfernung angenommen werden. Als Endresultat fand sich die relative Parallaxe von 34 Groombridge zu $0{,}2916''$ oder nach Hinzufügung von $0{,}015''$ als dem wahrscheinlichen Mittel der Parallaxen der beiden Vergleichsterne zufolge der Untersuchungen von Peters:

Digitized by Google

$\pi = 0{,}307''$, wahrscheinlicher Fehler: $\pm\ 0{,}0254''$.

Dieser Parallaxe entspricht eine Distanz von 671 900 Erdbahnhalbmessern. Die Beobachtungen, welche Auwers am Königsberger Heliometer über die Parallaxe des bereits oben angeführten Sterns Nr. 21258 Lalande angestellt, ergaben, mit dem von Krüger gefundenen Werthe sehr nahe übereinstimmend, die relative Parallaxe $= 0{,}2622'' \pm 0{,}0109''$ und die absolute $= 0{,}2709''$.

Die relativen Parallaxen von Mizar und Alcor des grossen Bären, fanden sich mittels desselben Instruments gleich Null, aber die Parallaxe von α Canis minoris scheint, den Beobachtungen zufolge, eine messbare Grösse zu besitzen und liegt wahrscheinlich zwischen $0{,}15''$ und $0{,}35''$.

Stellt man die bis jetzt bestimmten Parallaxen, welche einige Sicherheit darbieten, zusammen, so hat man folgende Tafel:

Parallaxen und Distanzen von Fixsternen.

Namen des Sterns	Parallaxe	Distanz in Erdbahnradien
α Centauri	0,913''	224 500
61 Cygni	0,511	403 600
21185 Lalande	0,511	403 600
34 Groombridge	0,307	671 900
α Lyrae	0,261	790 900
21258 Lalande	0,260	793 300
7415 Oeltzen	0,247	835 100
1830 Groombridge . . .	0,226	912 700
α Canis majoris	0,193	1 068 800
70 *p.* Ophiuchi	0,162	1 271 700
ι Ursae majoris	0,133	1 550 900
α Bootis	0,127	1 624 000
γ Draconis	0,092	2 292 000
α Urs. minoris	0,076	2 714 000
α Aurigae	0,046	4 484 000

Neben der directen Messung hat man scharfsinnig versucht, auf indirectem Wege zur Kenntniss der Fixsternparallaxen zu gelangen. Von diesen Methoden wird diejenige, welche sich auf die Voraussetzung einer nahezu regelmässigen Ausstreuung der Sterne im Raume gründet, später, in dem Capitel von dem Baue des Himmels, eingehender behandelt werden. Dagegen muss hier in Kürze zweier anderer Methoden gedacht werden, die beide überhaupt nur bei Doppelsternen anwendbar sind, von denen aber bis jetzt in einigen wenigen Fällen nur die eine, in keinem einzigen die andere angewandt werden konnte.

Digitized by Google

Bezeichnet nämlich μ die Gesammtmasse eines Doppelsternsystems, t die Umlaufszeit und α die halbe grosse Axe der Bahn des Begleiters in Secunden, so ist die Parallaxe

$$\pi = \frac{\alpha}{\mu^{1/3}\, t^{2/3}}.$$

Setzt man die Masse $\mu = 1$, also der Sonnenmasse gleich, so ergibt sich aus der bekannten Umlaufszeit und scheinbaren Bahn des Doppelsterns dessen Parallaxe. Diese Voraussetzung ist gewiss unrichtig, allein der Einfluss des begangenen Fehlers auf den für die Parallaxe resultirenden Werth ist verhältnissmässig ein geringer. Berechnet man aus den Bahnen der Doppelsterne α Centauri, p Ophiuchi und α Canis maj. deren Parallaxen, so erhält man der Reihe nach die Werthe 0,86″, 0,22″ und 0,17″, die von den direct gemessenen allerdings nur wenig abweichen.

Eine andere, auf der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes beruhende Methode zur Ermittelung gewisser Fixsternparallaxen hat 1830 Savary angegeben. (Connaiss. des temps pour 1830). Sie wird sich erst in sehr später Zukunft und bei Doppelsternen von beträchtlichen Bahndimensionen praktisch realisiren lassen.

Wenn nämlich die Bahnebene des Begleiters nicht auf der Gesichtslinie zur Erde senkrecht steht, sondern gegen diese geneigt ist, so wird die scheinbare Bewegung des Begleiters eine Ungleichheit zeigen, die von der Verschiedenheit der Zeit herrührt, welche das Licht gebraucht, um die in den verschiedenen Punkten der Bahn ungleichen Distanzen von der Erde zu durchlaufen.

Bezeichnet a die halbe grosse, gegen die Erde gerichtete Bahnaxe in Bogensecunden, π die Parallaxe des Doppelsterns, so wird die Zeit, welche das Licht gebraucht, die Axe zu durchlaufen:

$$z = \frac{\sin 20{,}255''.a}{3{,}14159\,.\,\pi} = 0{,}00003126 \cdot \frac{a}{\pi}.$$

In diesem Zeitraume aber wird, wenn wir die Bewegung des Begleiters in einer zur Erde normalen Richtung und die Bewegung selbst im Perihel am schnellsten annehmen, die scheinbare Bewegung γ von der Erde aus gesehen in Bogensecunden

$$\gamma = \frac{z}{T} \cdot \frac{3{,}14159\,.\,2\,a}{1-e},$$

wo T die Umlaufszeit des Begleiters in Jahren und e die Excentricität seiner Bahn ist. Substituirt man für z den oben gefundenen Werth, so erhält man

$$\gamma = \frac{0{,}0001964\; a^2}{\pi\,(1-e)\;T} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

Nennt man ferner die Masse des Doppelsterns M, so ist

Digitized by Google

$$a = \pi \,.\, T^{2/3} \,.\, M^{1/3}$$

und hieraus

$$\gamma = \frac{0{,}000196 \,.\, \pi \,.\, T^{1/3} \,.\, M^{2/3}}{1 - e} \quad \ldots\ldots \quad 2)$$

Nach diesen Formeln hat Struve in den Mensuris γ für fünf Doppelsterne berechnet. Ich führe die Resultate der Rechnung, wobei Bahnelemente zum Grunde liegen, die allerdings von den gegenwärtig angenommenen bedeutend abweichen, hier an. Diese Abweichungen haben indessen auf das Endresultat fast gar keinen Einfluss.

Namen des Doppelsterns	a	T	$1 - e$	γ nach Formel 1)	γ nach Formel 2)
γ Virginis . . .	11,830″	513,3	0,113	$0{,}000474 : \pi$	$0{,}0139 \,\pi \,.\, M^{2/3}$
Castor	8,086	252,7	0,242	$0{,}000210 : \pi$	$0{,}0051 \,\pi \,.\, M^{2/3}$
σ Coronae . . .	2,928	200,0	0,423	$0{,}000020 : \pi$	$0{,}0027 \,\pi \,.\, M^{2/3}$
ξ Ursae	2,290	60,5	0,596	$0{,}000029 : \pi$	$0{,}0013 \,\pi \,.\, M^{2/3}$
p Ophiuchi . . .	4,392	80,3	0,533	$0{,}000088 : \pi$	$0{,}0016 \,\pi \,.\, M^{2/3}$

Besitzt die Bahn eine Neigung und weicht die Lage der grossen Axe von der geraden Richtung zur Erde hin ab, so werden die Maxima des Effects der Lichtgleichung kleiner als die vorstehend berechneten.

Setzt man die Massen der Sonnenmasse gleich, also $= 1$, so ersieht man aus der letzten Columne die Grösse des mit π multiplicirten Ausdrucks für γ. Sollte $\gamma = \pi$ werden, so müssten die Massen bei ξ Ursae $= 21\,500$, bei p Ophiuchi $= 15\,650$ Sonnenmassen sein. Es ergibt sich sonach, dass wenn die Massen der Doppelsterne nicht sehr verschieden von der Sonnenmasse sind, π viel grösser als γ ist. Bei gleicher Wahrscheinlichkeit, dass die Doppelsternmassen die Masse der Sonne übertreffen, oder hinter ihr zurückstehen, folgt, dass die Hoffnung, Fixsterndistanzen aus Parallaxenmessungen zu erhalten, begründeter ist als die Aussicht, jene Entfernungen aus der Lichtaberration zu bestimmen. Dazu kommt, dass der Werth für γ aus der Beobachtung von Sternen mit langen Perioden viel sicherer hervorgeht, als aus kürzeren, so dass in dieser Hinsicht die Untersuchungen sich über Hunderte von Jahren erstrecken müssen, während die Wirkung der Parallaxe bloss in eine Periode von einem Jahre eingeschlossen ist (Struve, Mens. micr. p. CLXXII).

Wie gering auch bis heute noch unsere Kenntnisse von den Distanzen der Fixsterne sein mögen, wie wenig wir im Speciellen aus den gemessenen Abständen und Helligkeiten auf die mittleren absoluten Distanzen der Sterne der einzelnen Grössenclassen schliessen können, so ist doch nicht zu vergessen, dass alles, was wir in dieser Beziehung wissen, erst

Digitized by Google

die kostbare Errungenschaft der vier letzten Jahrzehnte ist. Wenn der Scharfsinn und Fleiss der Beobachter und die Vervollkommnung der Instrumente aber in demselben Maasse zunehmen, wie dies seit dem Beginne des gegenwärtigen Jahrhunderts der Fall war, so erscheint es nicht zweifelhaft, dass am Schlusse des zwanzigsten Säculums unsere Kenntnisse von den räumlichen Dimensionen des Fixsterncomplexes, dem wir zugetheilt sind, einen hohen Grad von wissenschaftlicher Gewissheit gewonnen haben werden.

Digitized by Google

Die Doppelsterne.

Bei dem Fortschreiten der beobachtenden und messenden Astronomie in die Tiefen der Himmelsräume, haben die Doppelsterne, jene Fixsternsysteme, in welchen zwei leuchtende Sonnen um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisen, die ersten sicheren Aufschlüsse darüber gegeben, dass das Gesetz der Massenanziehung, wie es Newton für unser Sonnensystem als gültig nachgewiesen, auch in den Tiefen des Weltenraumes regiert, und dort leuchtende Sonnen ganz ebenso um ihren gemeinsamen Schwerpunkt sich schwingen, wie in den engeren Räumen unserer planetarischen Welt die Planeten mit dem Centralkörper um den Gravitationsmittelpunkt unseres Systems sich bewegen.

Ehe William Herschel's Beobachtungen den thatsächlichen Nachweis einer Bewegung gewisser Doppelsterne um einander geliefert, und ehe die Wahrscheinlichkeitsrechnung gezeigt hatte, dass die Zahl der beobachteten Doppelsterne, diejenige, welche man bei zufälliger Ausstreuung der Fixsterne über das Himmelsgewölbe erwarten durfte, weit überstieg: war man, vom wissenschaftlichen Standpunkte aus, völlig in Unwissenheit über die engen Beziehungen je zweier Sonnen zu einander, wie sich uns dieselben später in den Binarsystemen offenbarten. Noch im Jahre 1761, also kaum 33 Jahre vor Herschel's Erörterungen über die Doppelsterne, hat der berühmte Geometer Lambert, den man nicht mit Unrecht zu den consequentesten Denkern des vergangenen Jahrhunderts zählt, sich entschieden gegen die physische Verbindung von je zwei nahe zusammenstehenden (Doppel-) Sternen ausgesprochen. In seinen „Cosmologischen Briefen" nimmt er zwei Sterne $2^1/_2$ mal so weit von einander entfernt an, als die Erde von der Sonne, und bemerkt: „Da sie gegen einander schwer sind, so müssten sie entweder schon längst zusammengefallen sein oder, da dies nicht der Fall ist, eine Kreisbewegung um ihren gemeinsamen Mittelpunkt haben. Diese Kreisbewegung müsste uns nothwendig durch

Digitized by Google

Fernrohre sichtbar werden, weil sie eine nicht gar lange Periode haben würde. Man müsste demnach eine beständige Veränderung in der Lage dieser Sterne wahrnehmen, der eine müsste bald vor, bald nach dem andern stehen. Von allem diesem bemerkt man nicht das Geringste und die Veränderung in der Lage der Fixsterne ist seit Hipparch's Zeiten bis auf unsere kaum zu erkennen. Hieraus folgere ich demnach nothwendig, dass solche Sterne einen sehr ungleichen Abstand von unserer Sonne haben müssen. Es ist leicht zu erachten, dass in der Milchstrasse alles wimmeln müsste, wenn die Sterne in derselben nicht in unbegreiflich langen Reihen hinter einander lägen. Eben dieses würde man auch an den nebelichten Sternen sehen." An einer andern Stelle der „Cosmologischen Briefe" heisst es: „Cassini hat es als eine Folge der jährlichen Parallaxe der Erde angesehen, dass der erste Stern im Widder zu gewissen Zeiten doppelt erscheint. Um dieses auszumachen, müsste man untersuchen, ob die Erscheinung alle Jahre wieder eintrifft, oder ob die verschiedene Durchsichtigkeit der Luft es nicht leidet, dass man diesen Stern beständig doppelt oder als wirklich zwei verschiedene Sterne sehen kann, und ob sie eine geänderte Lage unter sich haben. Eben dieses bleibt auch bei dem mittlern Sterne im Schwerte des Orion zu untersuchen, von welchem Huygens gefunden, dass er aus zwölf kleinen besteht. Auf diese Art würde sich ausmachen lassen, ob es in der That Fixsterne gibt, die sich in einem gemeinsamen Wirkungskreise befinden und in kurzer Zeit um den Mittelpunkt ihrer Schwere gehen? — Allein bis dieses ausgemacht ist, können Sie sicher bei ihrem System bleiben, weil ich nichts dergleichen erwarte — —." Man ersieht aus dem Angeführten, trotz der gegentheiligen Versicherung Arago's (in Annuaire pour 1842, p. 400), wie weit Lambert von der Vermuthung physisch verbundener Doppelsterne entfernt war. Richtigere Ansichten sprach (Philos. Trans. for 1767), fast gleichzeitig mit Lambert, John Michell aus, als er bemerkte, es sei „sehr wahrscheinlich, ja fast ganz gewiss, dass die doppelten und vielfachen Sterne, deren Componenten äusserst nahe bei einander erscheinen, eigene, unter der Einwirkung eines allgemeinen Gesetzes stehende Systeme bilden, in welchen die Sterne in der That einander sehr nahe sind." Michell gründete seine Behauptungen auf die Ergebnisse eines Wahrscheinlichkeitscalcüls, in welchem er von der Voraussetzung ausging, dass am Himmel 1500 Sterne von dem scheinbaren Glanze der Hauptsterne der Plejadengruppe vorkommen. Es fand sich eine Wahrscheinlichkeit von 500 000 : 1, dass die sechs hellsten Plejadensterne nicht durch bloss zufällige Ausstreuung so nahe bei einander stehen, als wir sie in der That erblicken. Trotz der Mangelhaftigkeit der numerischen Daten, welche Michell seiner Rechnung zum Grunde legte (indem die Anzahl der Sterne von gleicher Helligkeit wie die sechs Hauptsterne der Plejaden, beträchtlich grösser als 1500 ist), bleibt das von ihm abgeleitete allgemeine Resultat nichtsdestoweniger von grosser Bedeutung. Untersucht man, gestützt auf die genaueren Sternzählungen der Neuzeit, die Wahrscheinlich-

Digitized by Google

keit der Existenz von Doppelsternen innerhalb gewisser Winkelabstände von einander, so findet sich, wenn man (was der Wahrheit sehr nahe entspricht) für den Theil des Himmels bis zu 15° südlicher Declination in runder Zahl 40 000 Sterne 1. bis 8. Grösse annimmt, Folgendes:

Distanz	Zahl der optischen Doppelsterne	Distanz	Zahl der optischen Doppelsterne
0″ — 1″	0,007	0″ — 12″	1,073
0 — 2	0,030	0 — 16	1,908
0 — 4	0,119	0 — 24	4,292
0 — 8	0,477	0 — 32	7,630

Man würde hiernach also erst bei 12″ Distanz auf einen einzigen optischen Doppelstern zu rechnen haben, während aus den Beobachtungen Struve's hervorgeht, dass über 500 derselben innerhalb dieser Grenzen existiren. Uebrigens ist zu beachten, dass der Wahrscheinlichkeitscalcül, aus welchem die angegebenen Zahlenwerthe resultiren, doch nur unter gewissen Einschränkungen zu handhaben ist, indem er andernfalls in seinen Consequenzen zu dem Resultate leiten würde, dass der Fall, in welchem alle vorhandenen Sterne der zugezogenen Grösse, durchaus gleichförmig am Himmelsgewölbe vertheilt wären, absolut zufällig sein müsste, was natürlich durchaus unstatthaft ist.

Ganz unabhängig von Michell und nur an der Hand eigener Beobachtungen von etwa 100 Doppelsternen, deren meiste unter 32″ Distanz besitzen, kam schon vor 1778 der Mannheimer Astronom Christian Mayer auf die Vorstellung von Fixsterntrabanten, die er gegen die Einwürfe von Hell, Nic. Fuss und Anderen in seinen Schriften „Gründliche Vertheidigung neuer Beobachtungen von Fixsterntrabanten, Mannheim 1778", und „De novis in coelo sidereo phaenomenis in miris stellarum fixarum comitibus 1779", vertheidigte. Der bedeutende und zum Theil auch ganz berechtigte Widerstand, den Mayer mit seinen Fixsterntrabanten fand, die er in Distanzen bis zu 2°55′ von gewissen Hauptsternen annehmen zu müssen glaubte, fällt chronologisch fast genau mit dem Beginne der Herschel'schen Doppelsternmessungen zusammen.

William Herschel's früheste Arbeiten auf dem Felde der Stellar-Astronomie reichen bis zum Jahre 1776 hinauf, in welchem er die Distanzen der vier Sterne des Trapezes im Orion mass; erst drei Jahre später begann er den Doppelsternen seine speciellere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Allein schon vier Jahr später waren die Messungen von über 450 mehrfachen Sternen vollendet und die Kataloge von 1782, 1785 und 1804 enthalten 846 nach Position und Distanz, scheinbarer Helligkeit und Farbe, bestimmte Doppelsterne. Schliesst man diejenigen von mehr als 32″ Di-

Digitized by Google

stanz aus, so enthalten die bezeichneten Kataloge W. Herschel's in vier Classen folgende Summen von Doppelsternen:

1.	Classe	(0″	bis	4″	Distanz)	97	Doppelsterne
2.	„	(4″	„	8″	„) 102		„
3.	„	(8″	„	16″	„) 114		„
4.	„	(16″	„	32″	„) 132		„

Wenn William Herschel bei Beginne seiner Doppelsternbeobachtungen, einem alten Vorschlage Galilei's folgend, hauptsächlich auf Ermittelung von Fixsternparallaxen bedacht war; so hatte der geniale Mann doch schon bereits vor 1794 die wahre Stellung der Doppelsterne im Fixsternreiche klar erkannt und entwickelte im 93. Bande der Philos. Transact. mit der ihm eigenthümlichen, überzeugenden Klarheit, den ganzen Zusammenhang der Erscheinungen, welche die Binarsysteme für uns darbieten.

Wie auf allen übrigen, von ihm vorzugsweise gepflegten, Gebieten der Stellarastronomie, blieb Wilhelm Herschel während seines langen, der Wissenschaft geweihten Lebens, ohne Mitarbeiter auf dem Felde der Doppelsterne. Erst im Jahre 1813 begann Struve die mehrfachen Sterne zum Gegenstande besonderer Aufmerksamkeit zu machen; allein bei den mangelhaften Hülfsmitteln, die diesem Astronomen damals zu Gebote standen, waren die erhaltenen Resultate nur von minderer Bedeutung. Im Jahre 1819 wandte sich Sir John Herschel, im Besitze der schönen Instrumente seines Vaters, den Doppelsternen zu und bestimmte im Vereine mit James South, zum Theil in Passy bei Paris beobachtend, wiederholt die meisten derselben neu. (Phil. Trans. for 1824, 1826). Im Jahre 1834 versetzte er sein grosses zwanzigfüssiges Spiegelteleskop nach Feldhausen am Cap der guten Hoffnung und entdeckte dort, während eines vierjährigen Aufenthalts, fast 2100 südliche Doppelsterne, deren Distanzen und Positionswinkel genähert bestimmt wurden. Inzwischen war für die Untersuchung der Doppelsterne des nördlichen Himmels, nachdem Struve in den Besitz des grössten, von Fraunhofer selbst construirten Refractors gelangt war, eine neue Aera angebrochen. Im November 1824 kam der vierzehnfüssige Fraunhofer'sche Refractor nach Dorpat und sofort schritt Struve zur Ausführung seines grossen Planes, der, realisirt seit 1837, in dem grossen, für alle kommenden Zeiten als ein bewundernswürdiges Denkmal der wissenschaftlichen Thatkraft eines einzigen Mannes dastehenden Werke vorliegt, das den Titel führt: „Stellarum duplicium et multiplicium mensurae micrometricae per magnum Fraunhoferi Tubum annis a 1824 ad 1837 in Specula Dorpatensi institutae auctore F. G. W. Struve." Dieses Werk wird noch für die späteste Zukunft den Ausgangspunkt aller, die Doppelsterne betreffenden Untersuchungen bilden. Struve hat in der Einleitung die Geschichte des Werkes gegeben. Der Plan dieses berühmten Beobachters, dessen consequenter Durchführung auf dem ganzen Gebiete der Astronomie vielleicht nur Argelander's Mappirung der Fixsterne bis zu 9,5. Grösse an die Seite gestellt werden kann, war folgender:

Digitized by Google

1. Catalogisirung aller Doppelsterne innerhalb gewisser Distanzen und Grössen, bis zu 15° südlicher Declination.
2. Positionsbestimmung aller Sterne dieses Catalogs am Meridianinstrumente, zur Ableitung möglichst scharfer, mittlerer Oerter, welche die Erkennung der Eigenbewegung ermöglichen.
3. Mikrometermessungen, welche mit grösster Schärfe für eine mittlere Epoche die relativen Positionen der einzelnen Doppelsterne geben.
4. Bestimmung von Farbe und Glanz der Doppelsterne mit möglichster Schärfe.

Im Ganzen sind, in Ausführung dieses Planes, von Struve vier grössere Werke erschienen, von denen das letzte die genaueren Ortsbestimmungen der Centralsterne der Binarsysteme umfasst. Es erschien 1852 zu Petersburg unter dem Titel: „Stellarum fixarum imprimis compositarum positiones mediae, deductae ex obss. meridianis a. 1822 ad 1843 in specula Dorpatensi institutis. Das dritte Werk, dessen oben schon gedacht wurde, enthält hauptsächlich die Mikrometermessungen, Farbe- und Helligkeitsbestimmungen der Doppelsterne. Im Ganzen beruht dieses Werk auf 10448 einzelnen Messungen, welche sich auf die Jahre 1824 bis 1835 in folgender Art vertheilen:

1824: 30	1830: 498
1825: 688	1831: 2169
1826: 58	1832: 1949
1827: 304	1833: 1153
1828: 1076	1834: 296
1829: 1611	1835: 616

Die Anzahl sämmtlicher Doppelsterne, von denen Struve Mikrometermessungen mittheilt, beläuft sich nach Abzug von 492, bei welchen der Begleiter unter 9. Grösse ist, oder die doppelt gezählt wurden, nicht wieder aufgefunden werden konnten, oder in weiterem Abstande als 32″ sich befinden, auf 2641. Struve hat sie in acht Classen unterschieden, je nach der scheinbaren Distanz der beiden Componenten, und zwar sind diese Classen folgende:

1. Classe. Distanz 0″ bis 1″	5. Classe. Distanz 8″ bis 12″
2. „ „ 1 „ 2	6. „ „ 12 „ 16
3. „ „ 2 „ 4	7. „ „ 16 „ 24
4. „ „ 4 „ 8	8. „ „ 24 „ 32

Bei den einzelnen Classen werden in den „Mensuris“ die Doppelsterne nochmals in „lucidae“ und „reliquae“ unterschieden, je nachdem der Begleiter heller als 8. Grösse ist oder darunter bleibt. Darnach hat man folgende Uebersicht der Struve'schen Doppelsterne:

Digitized by Google

Classe	Distanz	Dupl. lucidae	Dupl. reliquae
1	0″ bis 1″	62	29
2	1 „ 2	116	198
3	2 „ 4	133	402
4	4 „ 8	130	452
5	8 „ 12	54	298
6	12 „ 16	52	179
7	16 „ 24	54	429
8	24 „ 32	52	
	Summa	653	1 987

Unter der Annahme von 100 000 Sternen 1. bis 8. Grösse gelangt Struve, auf Grund eines Wahrscheinlichkeitscalcüls, zu folgenden Sätzen:

1. Alle Sterne der Classen 1 und 2, welche unter die Ordnung der „lucidae“ gehören, sind physisch mit einander verbunden.
2. In den Classen 3 bis 6 sind weitaus die meisten physische Doppelsterne.
3. In den beiden Classen 7 und 8 sind ebenfalls die meisten „lucidae“ physisch verbundene Partialsysteme.
4. Die Anzahl sämmtlicher physisch verbundenen Doppelsterne unter 32″ Distanz, ist, gegenüber den bloss optischen, so gross, dass, der Wahrscheinlichkeitsrechnung zufolge, unter 653 Systemen nur 48 optische anzunehmen sind.

Wendet man eine analoge Berechnungsweise auf die dreifachen Sterne an, so findet man, dass unter der obigen (viel zu hoch gegriffenen) Annahme von 100 000 Sternen 1. bis 8. Grösse, sich kein einziges optisches System von drei Sternen innerhalb 32″ Distanz finden könnte. Statt dessen gibt Struve folgendes Verzeichniss von dreifachen Sternen bis zur Grösse 8,2.

Digitized by Google

Nummer des Catalogs	Namen des Sterns	Helligkeiten	Distanzen	Bemerkungen
1196	ζ Cancri	5,0 5,7 5,5	1,1″ bis 5,4″	
1998	ξ Librae	4,9 5,2 7,2	1,2 „ 7,0	
919	11 Monocer.	5,0 5,5 6,0	2,5 „ 7,3	
262	ι Cassiop.	4,2 7,1 8,1	1,9 „ 7,6	
948	12 Lyncis	5,2 6,1 7,4	1,5 „ 8,7	
2737	ε Equulei	5,7 6,2 7,1	0,4 „ 10,9	
2872	P. XXII. 11 12	7,2 8,0 8,0	21,3 „ 0,5	
2816	P. XXI. 248	6,3 7,9 8,0	11,7 „ 20,0	
848	Anonyma	7,3 8,0 8,2	2,3 „ 28,6	
748	ϑ Orionis	7,0 8,0 4,7 6,3	Innerhalb eines Kreises von 10″ Radius.	Bei Herschel I. vierfach, bei Struve fünffach.
245	σ Orionis	4,1 7,5 7,0	12,9″ bis 30,0″	Bei Herschel I. dreifach, bei Struve vierfach.

Ausser diesen, führt Struve noch weitere 57 dreifache Sterne auf, die weniger als 32″ von einander entfernt sind, bei denen aber wenigstens ein Begleiter schwächer als 8,2. Grösse ist; so wie fernere 59 dreifache Sterne, deren Distanzen im Maximum bis zu 112,3″ betragen. Im Ganzen finden sich in den „Mensuris“ Beobachtungen von 113 dreifachen, 9 vierfachen und 2 fünffachen Systemen.

Schon im Jahre 1836 war es Struve möglich, unter 2640 Doppelsternen viele aufzuzählen, bei welchen die Bewegung entweder bereits sicher constatirt oder mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit vermuthet werden konnte. In den Mensur. microm. gibt er über diese Verhältnisse folgende Synopsis:

Classe	Distanz	Zahl d. Sterne in der betr. Classe	Anzahl der Sterne, bei welchen			Summa der Bewegungen
			d. Bewegung sicher ist	d. Bewegung wahrscheinlich	d. Bewegung zu vermuthen	
1	0″ bis 1″	91	13	4	3	15
2	1 „ 2	314	10	6	5	15
3	2 „ 4	535	12	5	12	19
4	4 „ 8	582	7	9	14	17
5 — 6	8 „ 16	583	7	9	14	17
7 — 8	16 „ 32	535	9	6	18	18
		2640	58	39	66	101

Digitized by Google

Auf 2640 Doppelsterne kamen also 1836 bereits 101 mit erkannten Bewegungen, darunter die meisten in der 1. Classe der Distanzen.

Gegenwärtig hat sich die Zahl der Doppelsterne mit erkannter Bewegung mehr als versechsfacht, so dass, wenn man die Gesammtzahl aller, von den beiden Herschel, Struve, James South, Bessel, Dawes, Smyth, Dembowski u. A. entdeckter und beobachteter Doppelsterne (worunter 514 nicht in den Mensur. micr. enthaltene allein in Pulkowa, vgl. Str. Catalogue de 514 étoiles doubles etc. Petersb. 1843) auf 6000 veranschlagt, etwa $^1/_{10}$ davon, bereits Bewegungen gezeigt hat.

Nur in sehr wenigen Fällen hat freilich diese erkannte Bewegung bei einzelnen Paaren zu einer Bahnbestimmung des Begleiters um den als ruhend betrachteten Centralstern geführt. In den überwiegend meisten Fällen umfassen dagegen die Beobachtungen gegenwärtig noch einen zu kurzen Zeitraum, um einigermaassen Sicheres über die Bahnelemente abzuleiten. Die frühesten Berechnungen von Doppelsternbahnen lieferte (auf Arago's Veranlassung) der für die Wissenschaft zu früh verstorbene Felix Savary (Connaiss. des temps 1830) und zwei Jahre später Encke, der seine elegante Methode auf die Bahnberechnung von 70 *p* Ophiuchi anwandte. Die bis jetzt berechneten Bahnen sind weiter unten in den Erläuterungen zu dem Verzeichnisse der Doppelsterne mit erkannter Bewegung aufgeführt, hier stelle ich aus denselben nur die Umlaufszeiten der Begleiter zusammen.

1.	42 Comae	Nr.	1728	d.	Struve'schen	Catalogs	25,5	Jahre
2.	ζ Herculis	„	2084	„	„	„	36,4	„
3.	Anonyma	„	3121	„	„	„	40,0	„
4.	α Canis majoris	„	—	„	„	„	49,4	„
5.	ζ Cancri	„	1196	„	„	„	58,3	„
6.	ξ Ursae majoris	„	1523	„	„	„	63,1	„
7.	η Coronae	„	1937	„	„	„	67,3	„
8.	α Centauri		—	„	„	„	77	„
9.	τ Ophiuchi	„	2262	„	„	„	87,0	„
10.	*p* Ophiuchi	„	2272	„	„	„	92	„
11.	λ Ophiuchi	„	2055	„	„	„	95,9	„
12.	ξ Librae	„	1998	„	„	„	105,5	„
13.	3210 Bradl.	„	3062	„	„	„	112,6	„
14.	ω Leonis	„	1356	„	„	„	133,4	„
15.	ξ Bootis	„	1888	„	„	„	160,7	„
16.	γ Virginis	„	1670	„	„	„	169,5	„
17.	δ Cygni	„	2579	„	„	„	280,6	„
18.	XV. 74 Piazzi	„	1938	„	„	„	458,7	„
19.	σ Coronae	„	2032	„	„	„	478,0	„
20.	α Geminorum	„	1110	„	„	„	996,8	„

Diese Umlaufszeiten können bezüglich ihrer Dauer zumeist denjenigen der äusseren Planeten unseres Sonnensystems verglichen werden.

Digitized by Google

Sicherlich wird die Zukunft indess weit bedeutendere Umlaufszeiten kennen lehren, sobald ein genügender Zeitraum verstrichen ist, um durch Verknüpfung weit auseinander liegender Beobachtungen ein sicheres Urtheil über die Revolutionsperiode zu gewinnen. Gegenwärtig müssen noch alle Umlaufszeiten von mehr als zwei Jahrhunderten als sehr unsicher bezeichnet werden.

Ueber die Farben der Doppelsterne ist in dem besondern Capitel, welches die Farben der Fixsterne behandelt, nach Struve das Wichtigere mitgetheilt worden.

In der nachstehenden Tabelle, welche die Struve'schen Doppelsterne mit erkannter Bewegung enthält, ist die Bezeichnung der Columnen folgende:

a Nummer des Struve'schen Catalogs.
b Namen des Hauptsterns.
c Rectascension } für 1826,0.
d Declination }
e Mittlere Epoche der Mikrometermessungen.
f Distanz der Componenten in Bogensecunden.
g Positionswinkel.
h Helligkeit und Farbe des Hauptsterns.
i Helligkeit und Farbe des Begleiters.

Digitized by Google

Doppelsterne in Struve's Catal

a	*b*	*c*	*d*	*e*
2	Cephei 316	0h 0,0m	78° 45′	1830,5
13	„ 318	0 6,3	76 1	1831,8
73	Andromedae	0 45,6	22 41	1832,1
257		2 12,9	60 45	1830,3
333	ε Arietis	2 49,4	20 37	1830,1
412	7 Tauri	3 24	23 53	1830,5
460	Cephei 49	3 41,5	80 12	1832,9
881	4 Lyncis	6 6,5	59 26	1830,5
963	14 „	6 37,7	59 37	1830,6
1047		7 11,7	0 43	1831,3
1216		8 12,1	— 1 2	1831,3
1356	ω Leonis	9 20,3	9 44	–
1457		10 29,7	6 36	1827,7
1670	γ Virginis	12 32,8	— 0 29	–
1728	42 Comae	13 1,6	18 28	–
1819		14 6,8	3 57	1830,0
1863		14 32,2	52 23	1830,4
1866		14 33,3	10 16	1829,6
1937	η Coronae	15 16,1	30 56	–
2054	99 Draconis	16 21,6	62 5	1832,9
2055	λ Ophiuchi	16 22,1	2 22	–
2084	ζ Herculis	16 34,8	31 55	–
2315	452 „	18 18,1	27 19	1830,4
2729	4 Aquarii	20 42,1	— 6 17	1829,7
2872	P. XXII. 11. 12.	22 2,7	58 27	1833,8 1833,8
2924		22 28,3	69 0	1831,7
3062	3210 Bradley	23 57,1	57 28	–
234		2 4,8	60 32	1831,7
278		2 24,0	68 33	1830,7
1457		10 29,7	6 36	1829,7
1832		14 10,4	4 42	1830,2
2384		18 38,6	66 58	1832,9
2402		18 41,6	10 30	1830,2
3121		9 7,5	29 20	–

Digitized by Google

mit erkannter Bewegung.

lasse.

f	*g*	*h*	*i*
0,810″	341,50°	6,3m gelb	6,6m intensiv gelb
0,532	124,02	6,6 gelblich weiss	7,1 gelblich weiss
0,847	307,80	6,2 goldfarbig	6,8 goldfarbig
0,600	164,93	7,2 gelblich weiss	7,7 gelblich weiss
0,547	188,87	5,7 weiss	6,0 weiss
0,692	269,92	6,6 gelblich	6,7 gelblich
			10,0 „
0,888	352,56	2,5 gelb	6,1 bläulich
0,815	88,97	6,4 weiss	7,9 weiss
0,897	51,51	5,9 goldfarbig	7,1 purpurroth
0,477	115,37	7,8 weisslich	8,2 weisslich
0,452	115,17	7,5 „	8,2 weisslich
—	—	6,2 röthlich	7,0 röthlich
0,621	287,40	7,6 gelblich	8,2 gelblich
—	—	3,0 „	3,0 „
—	—	6,0 gelb	6,0 „
0,985	84,90	7,9 „	8,0 „
0,655	109,75	7,1 gelblich weiss	7,4 gelblich weiss
0,917	19,20	8,2 gelblich	8,2 gelblich
—	—	5,2 gelb	5,7 gelber
0,903	7,43	5,7 gelblich	6,9 gelblich
—	—	4,0 gelb	6,1 bläulich
—	—	3,0 gelblich	6,5 röthlich
0,587	281,15	7,0 weiss	8,0 weiss
0,743	24,52	5,9 gelb	7,2 gelb
21,283	316,42	7,2 glänzend weiss	8,0 glänzend weiss
0,543	334,47	—	8,0 „ „
0,843	257,30	6,8 gelblich	7,3 gelblich
—	—	6,9 gelb	8,0 gelb
0,837	239,23	7,8 weiss	8,7 weiss
0,430	82,05	8,4 „	8,7 „
0,712	287,85	7,4 gelblich weiss	8,4 gelblich weiss
0,437	118,30	9,0	9,0
0,823	307,17	8,0 weiss	8,5 weiss
0,745	197,67	8,0 glänzend weiss	8,4 glänzend weiss
—	—	7,5 gelblich weiss	7,8 gelblich weiss

Digitized by Google

a	b	c	d	e
113	42 Ceti	1h 11,0m	— 1° 25′	1831,[illegible]
138	P. I. 123	1 27,0	6 44	1830,[illegible]
162		1 38,6	47 2	1831,[illegible]
228	Andromedae 259	2 3,0	46 41	1831,4
262	ι Cassiopeiae	2 14,9	66 37	1829,6 1829,5
314	85 Persei	2 40,6	52 15	1830,[illegible]
400		3 20,9	59 26	1829,9
566	2 Camelopard.	4 26,1	53 8	1829,7
577		4 30,5	37 9	1829,5
644		4 58,6	37 5	1828,[illegible]
694		5 13,4	24 48	1829,[illegible]
728	32 Orionis	5 21,4	5 48	1830,9
861		6 0,3	30 46	1830,[illegible]
945		6 28,1	41 8	1830,[illegible]
948	12 Lyncis	6 30,8	59 37	1831,[illegible] 1831,[illegible]
1037		7 2,2	27 32	1830,[illegible]
1126	P. VII. 170	7 30,8	5 38	1829,4
1187	85 Lyncis	7 58,4	32 44	1829,5
1196	ζ Cancri	8 2,1	18 10	–
1322		9 3,2	17 13	1830,[illegible]
1331		9 7,2	62 4	1833,[illegible]
1333		9 7,7	36 5	1828,[illegible]
1338	157 Lyncis	9 9,9	38 55	1829,[illegible]
1348	116 Hydrae	9 15,2	7 3	1831,[illegible]
1386		9 40,6	69 43	1832,[illegible]
1504	P. X. 229	10 55,1	4 34	1829,[illegible]
1528	ξ Ursae	11 8,8	32 36	–
1646	191 Virginis	12 21,7	10 41	1830,[illegible]
1687	35 Comae	12 44,8	22 11	1829,[illegible]

Digitized by Google

se.

f	*g*	*h*	*i*
1,245″	333,62°	6,2m weiss	7,2m weiss
1,467	20,00	7,3 gelblich weiss	7,3 gelblich weiss
1,864	225,50	7,0 glänzend weiss	7,5 glänzend weiss
20,000	179,20		9,3
1,080	262,14	6,7 weiss	7,6 weiss
1,862	276,68	4,2 gelb	7,1 dunkelblau
7,626	107,30	—	8,1 dunkelblau
1,457	295,45	6,9	7,1
1,527	282,57	7,0 gelblich weiss	8,0 bläulich weiss
1,585	311,40	5,1 gelb	7,4 bläulich
1,583	278,70	7,7	7,7
1,610	219,20	6,7 goldfarbig	7,0 röthlich blau
1,343	4,17	8,2	8,2
1,040	203,75	5,2 gelblich	6,7 gelblich
1,587	318,22	8,2	8,2 3faches System, ein Stern 7,8m 67,1″ davonstehend
1,057	249,00	7,1	8,0
1,532	153,70	5,2 grünlich weiss	6,7 grünlich weiss
8,670	304,20	5,2 „	7,4 bläulich
1,113	332,67	7,1 gelblich	7,1 gelblich
1,464	132,01	7,2 „	7,5 „
1,614	71,00	7,1 weiss	8,0 weiss
—	—	3fach, alle Sterne gelb, aber in verschied. Grade	
1,707	52,03	7,7 glänzend weiss	8,2 grünlich weiss
1,162	152,57	8,0 „ „	8,0 „ (dreifaches System)
1,420	39,40	6,6 „ „	6,9 grünlich weiss
1,762	121,14	7,0	7,2
1,097	334,30	7,5	7,6
1,983	296,00	8,2	8,2
1,076	275,68	7,5	7,6
—	—	4,0	4,9
1,188	202,04	7,5	7,8
1,432	25,30	5,0 gelblich	7,8 dunkelblau (dreifaches System)

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
1742		13ʰ 15,6ᵐ	2° 17′	1831.56
1875	ζ Bootis	14 32,8	14 29	1830.67
1938	μ_2 Bootis	15 18,0	37 56	–
1998	ξ Librae	15 54,7	— 10 53	–
2032	σ Coronae	16 7,9	34 20	–
2171		17 20,7	— 9 50	1830.53
2199		17 35,0	55 53	1830.54
2267		17 56,0	40 11	1830.6
2281	73 Ophiuchi	18 0,8	3 58	1831.05
2289	417 Herculis	18 2,2	16 27	1829.56
2437		18 54,3	18 56	1830.73
2579	δ Cygni	19 39,5	44 43	–
2626		19 57,2	30 3	1831.2
2741	H. I. 97	20 52,9	49 47	1831.49
2799	20 Pegasi	21 20,5	10 21	1831.82
2825		21 37,6	0 6	1827.7
2847		21 48,8	— 4 19	1831.36
2912	37 Pegasi	22 21,1	3 33	1831.11
25		0 9,9	15 2	1831.22
148		1 34,1	62 56	1832.02
185		1 46,6	74 40	1831.5
208	10 Arietis	1 53,8	25 5	1833.0
269	P. II. 93	2 18,3	29 9	1832.3
380		3 12,5	8 6	1831.8
384		3 14,5	59 17	1830.5
438		3 33,3	22 12	1832.3
461		3 41,5	55 57	1832.2
536		4 13,7	— 5 6	1832.4
554	80 Tauri	4 20,3	15 16	1831.7
787		5 35,5	21 16	1832.0
826		5 50,2	— 1 20	1832.4
836		5 53,8	— 2 21	1832.0
936		6 24,6	58 14	1831.8
1051		7 6,0	73 25	1831.7
1081		7 13,9	21 47	1828.5

Digitized by Google

sse.

f	*g*	*h*	*i*
1,297″	351,10°	7,4m gelblich	7,9m gelblich
1,189	309,17	3,5	3,9
—	—	6,7 grünlich weiss	7,3 grünlich weiss
—	—	dreifach: 4,9m, 5,2m, 7,2m	—
—	—	5,0 gelblich	6,1 bläulich
1,617	75,67	7,5 gelblich weiss	7,6 gelblich weiss
1,667	116,37	7,2 gelblich	7,8 gelblich
1,410	234,17	8,0 weiss	8,0 weiss
1,543	259,73	5,7 „	7,2 „
1,200	243,12	6,0 gelb	7,1 bläulich
1,086	80,84	7,8 weiss	8,0 weiss
—	—	3,0 grünlich	7,9 aschfarben
1,173	121,67	8,0	8,2
1,930	35,83	6,0	7,3
1,352	332,88	6,6 gelblich	6,6 gelblich
1,093	100,17	8,0 „	8,2 „
1,214	296,56	7,6 „	8,0 „
1,160	112,63	5,8 weiss	7,2 weiss
1,673	192,67	8,5	8,5
1,357	130,45	8,4	9,0
1,393	40,30	7,0	8,5
1,980	25,17	6,2 gelb	8,4 aschfarben
1,903	340,40	7,5 „	9,8 „
1,200	90,13	8,3	9,3
1,990	267,50	7,8 goldfarbig	9,0 dunkelblau
1,703	241,37	8,5	10,5
1,224	104,74	8,0 gelb	10,6
1,782	152,45	8,1 glänzend weiss	8,7 glänzend weiss
1,737	12,90	6,5 glänzend gelb	9,0
1,380	78,47	8,1 glänzend weiss	8,5 glänzend weiss
1,840	115,47	8,2 weiss	9,2 weiss
1,930	27,83	8,3	10,8
1,607	254,90	7,0 gelb	8,7 blau
1,220	268,42	6,5	8,6 (dreif. System)
1,333	216,10	7,8 glänzend weiss	8,5 glänzend weiss

Digitized by Google

II.

a	b	c	d	e
1243		8h 24,8m	2° 11′	1830,90
1593		11 54,5	— 1 27	1829,26
1643		12 18,5	28 0	1830,36
1757	P. XIII. 127	13 25,4	0 35	1831,78
1771		13 32,0	70 39	1831,09
1879		14 37,8	10 23	1829,99
1908		14 58,0	35 9	1832,54
1957		15 27,6	13 29	1831,10
1959		15 28,1	35 20	1831,58
2006		15 57,2	59 25	1830,95
2023		16 5,9	5 58	1832,41
2153		17 13,6	49 28	1831,33
2356		18 31,5	28 34	1831,42
2403	203 Draconis	18 42,1	60 53	1832,21
2434	P. XVIII. 274	18 53,8	— 0 58	1831,58
2464		19 1,0	11 38	1830,36
2488		19 8,0	19 47	1829,04
2645		20 4,5	51 11	1831,74
2696		20 24,8	4 53	1831,06
2929		22 33,5	20 33	1830,78
2989		23 4,6	19 2	1832,18
2262	τ Ophiuchi	17 53,4	— 8 10	—
2737	ε Equulei	20 50,3	3 37	1833,39

III.

59	P. O. 181	0 38,0	50 29	1832,33
91	160 Ceti	0 58,3	— 2 40	1831,89
182		1 44,5	60 26	1832,20
202	α Piscium	1 53,0	1 55	1831,16
227	ι Trianguli	2 2,4	29 29	1830,97
280		2 25,3	— 6 26	1831,16
299	γ Ceti	2 34,2	2 29	1832,48
323		2 43,4	5 43	1830,00
389		3 16,4	58 45	1831,00

Digitized by Google

ie.

f	*g*	*h*	*i*
,987″	221,40°	8,0m	10,3m
,427	18,17	8,3	8,3
,948	71,22	8,4	8,7
,544	20,97	7,7	8,9
,717	70,63	7,8	8,5
,183	67,27	7,8 gelblich	8,8 gelblich
,460	137,23	8,2	9,2
,410	163,12	7,9	9,6
,713	241,07	8,7	10,2
,610	204,53	7,5 gelblich	9,2 (dreif. System)
,547	235,95	8,0 „	9,0 gelblich
,887	281,77	8,6 „	9,1 gelblich
,030	47,13	8,0 „	9,0 „
,867	258,70	6,2 gelb	9,0 blau
,930	80,50	8,4	10,3 (dreif. System)
,357	19,17	8,2	10,5
,293	318,53	8,5	9,7
,493	136,93	8,0 glänzend weiss	8,3 glänzend weiss
,060	298,92	8,0	8,4
,223	187,83	8,2 gelblich weiss	9,2
,473	141,97	8,5	9,9
—	—	5 gelblich	5,7 gelblich
,856	78,07	5,7 „	7,1 hell aschfarben

e.

,192	144,97	7,2 glänzend weiss	8,1 glänzend weiss
,860	328,83	6,7 gelblich	7,5 weiss
,563	302,00	7,0 gelblich weiss	7,0 gelblich weiss
,636	335,72	2,8 grünlich weiss	3,9 blau
,598	77,86	5,0 gelb	6,4 „
,767	349,77	7,5 gelblich	7,7 gelblich
,590	287,36	3,0 „	6,8 aschfarben
,547	283,17	8,0 glänzend weiss	8,0 glänzend weiss
,905	61,82	7,0 weiss	8,0 röthlich

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
425	H. II. 52	3h 29,1m	33° 34′	180
622	P. IV. 258	4 49,1	1 23	182
742	380 Tauri	5 26,1	21 54	180
774	ζ Orionis	5 32,1	— 2 4	181
796	P. V. 225	5 38,7	31 44	180
919	11 Monocer.	6 20,3	— 6 55	181
1009	H. I. 69	6 51,9	53 1	180
1029		6 59,4	— 4 23	181
1146	5 Navis	7 39,8	— 11 46	181
1177	H. I. 11	7 54,9	28 3	180
1273	ε Hydrae	8 37,6	7 4	180
1334	38 Lyncis	9 7,8	37 32	180
1365	134 Hydrae	9 22,8	2 15	180
1424	γ Leonis	10 10,4	20 44	181
1460	172 Ursae	10 30,3	43 4	180
1536	ι Leonis	11 14,8	11 29	182
1552	90 „	11 25,6	17 46	180
1596	2 Comae	11 55,4	22 26	180
1695	417 Ursae	12 48,6	55 2	180
1763	81 Virginis	13 28,4	— 6 56	180
1777	84 „	13 34,6	4 26	182
1785		13 41,2	27 49	180
1788	P. XIII. 238	13 45,8	— 7 12	181
1877	ε Bootis	14 37,4	27 49	182
1910	P. XIV. 279	14 59,1	9 54	182
1954	δ Serpentis	15 26,4	11 7	183
2021	49 „	16 5,2	13 59	180
2130	μ Draconis	17 1,8	54 42	183
2161	ϱ Herculis	17 17,5	37 21	180
2323	39 Draconis	18 21,3	58 42	183
2375	75 Tauris Pon.	18 36,8	5 18	182
2382	ε Lyrae	18 38,6	39 30	183
2383	5 „	18 38,6	39 26	183
2576		19 38,8	33 12	183
2603	ε Draconis	19 48,7	69 49	183

Digitized by Google

se.

f	*g*	*h*	*i*
2,873″	104,60°	7,3m glänzend weiss	7,3m glänzend weiss
2,643	179,90	8,2	8,2
3,313	246,23	7,2 gelblich	7,8
2,347	151,30	2,0 gelb	5,7 olivenfarben
3,596	61,16	6,9	8,0 bläulichweiss
2,463	101,73	5,5	6,0
2,940	159,18	6,7 glänzend weiss	6,8 glänzend weiss
2,082	23,37	7,4 „ „	8,1 „ „
3,328	17,54	5,3 gelblich	7,4 blau
3,512	354,75	6,5 glänzend weiss	7,4 hellaschfarben
3,206	195,58	3,8 gelb	7,8 blau
2,697	240,22	4,0 hellgrün	6,7 „
3,082	162,82	7,0 gelblich	8,0 hellblau
2,500	103,36	2,0 goldfarben	3,5 rothgrün
3,312	168,70	8,1	8,1
2,193	92,38	3,9 gelblich	7,1 blau
3,014	209,40	6,0	7,3 hellbläulich
3,780	240,62	6,0	7,5 blau
3,260	289,10	6,3	8,2 aschfarben
2,685	39,02	7,5 glänzend weiss	7,5 glänzend weiss
3,394	235,38	5,8 gelb	8,2 blau
3,487	164,43	7,2	7,5
2,366	54,04	6,7	7,9
2,642	320,98	3,0 stark gelb	6,3 stark blau
3,803	209,17	7,0 gelblich weiss	7,0 gelblich weiss
3,662	197,28	3,0 „ „	4,0 aschfarben
,199	316,69	6,7	6,9
,234	205,10	5,0	5,1
,000	307,22	4,0 grünweiss	5,1 weisslich grün
,141	5,91	4,7 gelblich weiss	7,7 hellbläulich
,236	108,12	6,2	6,6
,634	26,02	4,6 grünlich weiss	6,3 bläulich weiss
,573	155,17	4,9 glänzend weiss	5,2 glänzend weiss
,597	318,80	7,8 gelb	7,8 gelb
,790	354,53	4,0 „	7,6 blau

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
2716	49 Cygni	20h 34,0m	31° 40′	1850.6
2730		20 42,4	5 45	1850.7
2767		21 2,6	19 16	1850.8
2797		21 18,4	12 58	1850.8
2804	29 Pegasi	21 24,9	19 58	1851.0
2909	ζ Aquarii	22 19,8	— 0 55	1852.4
3001	o Cephei	23 11,6	67 9	1852.6
3049	σ Cassiopeiae	23 50,1	54 48	1853.1
3050	37 Andromedae	23 50,7	32 47	1852.8
105		1 7,5	65 16	1852.2
117	ψ Cassiopeiae	1 13,6	67 14	1851.1
158		1 36,7	32 18	1852.1
249		2 10,6	43 48	1851.1
276		2 23,4	5 33	1850.4
371		3 6,8	46 23	1851.3
375		3 10,2	23 4	1852.9
407		3 21,8	— 11 43	1853.3
477		3 50,2	41 21	1850.1
481		3 51,6	27 38	1852.1
483		3 52,6	38 59	1850.3
489		3 54,2	— 7 32	1851.1
517		4 7,2	0 2	1850.
521		4 8,5	49 34	1853.
608		4 42,5	51 49	1851.
620		4 48,6	13 40	1851.
685		5 10,2	50 15	1851.
712	H. I. 53	5 17,3	2 46	1851.
727		5 21,3	44 38	1850.
821		5 47,3	29 36	1850.
850		5 58,8	— 3 58	1852.
867		6 1,5	17 26	1851.
932		6 24,3	14 53	1850.
942		6 26,9	23 49	1850.
950	15 Monocer.	6 31,1	10 3	1851.
991		6 46,6	25 12	1850.

Digitized by Google

asse.

f	*g*	*h*	*i*
2,736″	49,42°	6,0m gelb	8,1m blau
3,430	339,20	7,8 gelblich weiss	7,9 weiss
2,463	30,57	7,8 glänzend weiss	8,2 glänzend weiss
3,183	213,27	6,7 „ „	8,2 aschfarben
2,900	316,90	7,3	8,0
3,458	355,28	4,0 grünlich weiss	4,1 grünlich weiss
2,353	174,97	5,2 glänzend gelb	7,8 glänzend blau
3,012	323,47	5,4 grün	7,5 „ „
3,780	191,03	6,0 gelblich	6,0 gelblich
2,863	186,17	8,5	9,7
3,010	253,32	8,9	9,5 (dreif. System)
2,133	246,20	8,3	8,8
2,283	194,73	7,0 glänzend weiss	9,0 aschfarben
2,292	253,32	8,8	8,8
3,350	74,70	8,3	10,3
2,035	317,52	8,0	10,1
2,333	38,97	8,2 gelb	10,7
2,980	213,43	8,3	9,3
2,223	106,63	7,2 glänzend gelb	10,8 (dreif. System)
2,803	11,63	8,0	9,5
3,287	195,07	8,5	8,7
3,637	13,07	7,5	9,2
2,017	252,80	7,2 glänzend gelb	9,3 aschfarben
3,870	115,53	7,8	9,2
3,590	226,30	8,4 gelblich weiss	9,4
2,030	315,28	8,2 gelb	10,0
3,080	45,40	7,0 glänzend weiss	9,0
2,177	56,67	8,0 gelb	9,5
2,170	12,33	8,0	9,8
2,087	15,80	8,5 gelblich	10,2
2,240	156,27	7,0 gelblich weiss	8,5
2,427	341,70	8,2	8,3
3,293	244,13	9,0	9,2
2,760	208,66	6,0 grün	8,8 blau
3,793	172,37	8,0 glänzend weiss	9,0 bläulich

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
1008		6ʰ 51,1ᵐ	26° 51′	1830.9
1014		6 55,3	26 25	1830.2
1032		7 0,8	48 48	1831.9
1043		7 3,9	— 0 25	1831.8
1049		7 5,3	— 8 40	1830.5
1076		7 11,9	4 23	1828.8
1104		7 21,2	— 14 38	1831.8
1109		7 23,4	— 0 10	1831.8
1119		7 27,1	34 6	1829.5
1123		7 30,1	33 46	1829.5
1175		7 53,2	4 38	1831.2
1186	11 Cancri	7 58,3	28 1	1829.2
1192		8 1,0	61 0	1832.0
1202	P. VIII. 13	8 4,2	11 22	1829.5
1225		8 16,9	51 45	1831.2
1345		9 12,9	65 2	1832.5
1377	P. IX. 11	9 34,4	3 25	1830.2
1394		9 46,2	46 42	1828.5
1398		9 47,4	69 36	1832.0
1431	H. I. 29	10 16,4	9 39	1832.5
1450	49 Leonis	10 25,8	9 31	1830.7
1465		10 33,0	45 30	1829.1
1578		11 44,5	4 38	1831.2
1621		12 7,1	6 35	1830.1
1716	427 Virginis	12 55,9	9 35	1831.1
1796		13 52,9	37 48	1832.1
1820		14 7,1	56 8	1831.9
1823		14 7,4	11 8	1830.0
1842		14 18,2	4 28	1828.2
2026		16 6,3	7 49	1830.0
2036		16 10,9	72 57	1832.2
2045		16 18,0	61 55	1832.
2060		16 25,3	57 7	1830.
2097		16 38,5	36 4	1829.
2120	210 Herculis	16 57,1	28 20	1833.

Digitized by Google

asse.

f	*g*	*h*	*i*
2,383″	270,17°	8,0m	10,0m
2,090	32,23	8,7	8,7
2,547	100,53	7,0	10,3
2,393	248,30	8,8	8,8
3,630	34,90	8,0 gelblich weiss	9,8
2,710	106,70	8,7	8,7
2,350	292,45	6,7	8,3
3,370	15,13	8,8	8,8
2,890	349,97	8,0	9,3
3,660	162,73	8,8	9,5
2,368	204,60	7,8 gelblich	9,7 bläulich
3,176	218,84	7,1	10,4
2,883	256,07	6,8	10,5 (dreif. System)
2,357	335,93	7,7	9,8
3,483	194,23	8,5	8,5
2,782	84,02	8,5	10,1
3,317	142,20	7,9 gelblich	11,1
3,747	237,10	8,3 „	9,3
3,657	229,00	7,5	10,7
3,197	65,90	8,0	9,7 gelblich weiss
2,392	161,12	6,0	8,7 bläulich
2,243	14,37	8,5	8,8 gelblich weiss
3,010	170,50	9,2	10,9
3,440	124,02	8,8	10,3
2,602	151,35	8,1	10,9
2,447	196,23	8,5	10,0
2,403	46,67	8,2 gelblich	8,5 gelblich
3,347	156,07	8,5	9,5
2,837	10,90	8,7	8,7
2,542	345,92	8,6 gelb	9,1 gelb
2,010	235,27	8,8	10,3
2,470	183,13	8,0 gelblich weiss	9,2
3,667	246,17	9,0	9,0
2,143	89,87	8,5	8,7
3,445	3,80	6,4 gelb	9,2 glänzend blau

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
2156		17ʰ 15,0ᵐ	— 0° 39′	1830,7
2205		17 36,9	17 49	1830,5
2239		17 44,8	28 18	1830,7
2252		17 50,2	2 3	1831,3
2284		18 1,2	65 57	1832,8
2285		18 1,2	13 31	1830,9
2298		18 7,0	41 22	1831,3
2303	15 Scuti	18 10,7	— 8 2	1831,2
2360		18 31,9	20 47	1831,0
2400		18 41,2	16 5	1831,1
2451		18 58,8	51 19	1831,2
2484		19 6,7	18 48	1831,7
2492	23 Aquilae	19 9,6	0 44	1830,2
2503		19 13,0	— 7 24	1829,4
2513		19 16,2	2 5	1829,0
2666	172 Cygni	20 11,8	40 12	1831,1
2668	176 „	20 13,7	38 52	1831,1
2674				1830,7
2675		20 14,6	12 47	1829,6
				1829,6
2676		20 15,4	26 35	1831,5
2711		20 32,4	29 53	1831,4
2731		20 42,5	39 9	1830,5
2837		21 45,0	82 8	1832,3
2842		21 46,4	63 13	1832,1
2845		21 47,5	62 16	1832,4
2958	263 Pegasi	22 48,0	10 55	1831,1
2977		22 59,0	60 30	1833,2
2981		23 0,4	— 9 47	1830,5
3037		23 37,5	59 30	1832,1
3060		23 56,8	17 7	1830,5
3111		19 18,0	21 30	1832,6
3130		18 49,5	44 1	1833,3
133	219 Andromedae	1 22,8	34 57	1833,0

Digitized by Google

asse.

f	*g*	*h*	*i*
3,273″	32,33°	8,3m gelblich weiss	9,0m gelblich weiss
2,517	291,00	8,3 glänzend weiss	8,7 glänzend weiss
2,233	318,33	8,5	9,0
3,773	22,87	8,0	8,3
3,675	193,70	7,6 gelblich	9,2 aschfarben
3,460	338,73	8,2 gelblich weiss	10,0
2,390	185,50	8,5	9,7
3,224	216,40	6,7 gelblich	9,2
2,527	5,73	7,5	8,7 aschfarben
2,850	304,20	8,1 gelb	10,6
2,603	58,07	8,7	9,0
2,504	218,42	7,4 gelbweiss	8,9
3,382	11,15	5,5 gelb	9,5 blau
2,550	280,20	8,3	9,3
2,233	313,08	8,2 gelblich weiss	8,8 gelblich weiss
2,733	241,97	6,5 glänzend weiss	8,7 bläulich
3,303	293,57	7,0 gelblich weiss	9,2 aschfarben
2,530	335,10	8,0	9,5
15,515	1,30	8,0	10,7
75,585	105,58	8,0	8,0
2,190	173,80	7,8 gelblich	10,0
2,530	222,47	8,0	9,0
3,960	86,10	7,7	10,8
2,160	321,33	8,5	9,0
3,167	102,22	8,4	11,0
2,160	169,00	8,2 gelblich	8,3 gelblich
3,913	6,83	7,2 glänzend weiss	9,5
2,190	335,07	6,8 gelb	10,7
3,613	112,43	8,8	8,8
2,705	214,00	7,0 glänzend gelb	8,5 blau (3fch. System)
3,930	110,50	8,5	8,7 gelblich
2,543	120,13	9,0	9,3
2,695	262,90	7,4	11,1
2,993	179,13	7,0 gelb	10,5
4,760	346,13	10,8	10,8
29,083	199,47	7,0 gelb	10,8

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
344		2ʰ 55,1ᵐ	84° 0′	1833.
1846	φ Virginis	14 19,4	— 1 26	1820.
2599		19 46,2	22 31	1820.
2846		21 47,8	44 58	1833.
46	55 Piscium	0 30,8	20 29	1830.
61	65 „	0 40,5	26 47	1832.
155		1 35,0	8 34	1830.
422	P. III. 98	3 28,3	0 2	1832.
470	32 Eridani	3 45,6	— 3 27	1833.
479	P. III. 213	3 50,6	22 42	1831.
716	118 Tauri	5 18,6	25 0	1829.
880		6 5,8	10 37	1829.
918		6 19,9	52 34	1829.
982	38 Geminorum	6 44,9	13 24	1829.
1066	δ „	7 9,6	22 17	1830.
1110	α „	7 25,5	32 16	–
1224	v' Cancri	8 16,5	25 5	1830.
1263		8 33,7	42 19	1835.
1298	σ^4 Cancri	8 50,7	32 55	1831.
1306	σ^2 Ursae	8 55,0	67 50	1832.
1346	21 „	9 13,2	54 44	1830.
1362		9 21,1	73 51	1831.
1474		10 39,1	— 14 21	1831.
1487	54 Leonis	10 46,1	25 42	1830.
1543	57 Ursae	11 19,7	40 17	1831.
1669	58 Corvi	12 32,3	— 12 1	1828.
1807		14 2,2	— 2 29	1831.
1813	H. N. 98	14 4,6	6 15	1829.
1864	π Bootis	14 32,5	17 11	1830.
1888	ξ „	14 43,3	19 49	–
1965	ζ Coronae	15 32,8	37 11	1829.
1985	H. II. 85	15 47,1	— 1 38	1831.
2264	95 Herculis	17 54,1	21 35	1829.

Digitized by Google

asse.

f	*g*	*h*	*i*
2,530″	145,00°	8,9m	9,7m
3,728	108,82	5,2 gelb	9,7
3,907	48,63	7,8 glänzend weiss	9,5
3,252	269,32	8,5 gelb	10,3
asse.			
6,367	192,73	5,0 glänzend gelb	8,2 glänzend blau
4,450	298,97	6,0 gelblich	6,0 gelblich
4,600	332,82	7,5	7,9
6,130	232,23	6,0 goldgelb	8,2 blau
6,697	347,27	4,0 gelb	6,0 „
7,414	128,50	7,0	7,9 (dreif. System)
4,894	196,78	5,8	6,6 bläulich weiss
5,417	53,43	8,0 gelblich	8,0 gelblich
4,450	322,43	6,7	7,7
5,736	174,88	5,4 gelblich	7,7 bläulich
7,145	196,90	3,2 „	8,2 röthlich
—	—	2,7 grünlich	3,7 grünlich
5,838	37,27	6,0	7,1
9,59	9,3	7,6 gelblich weiss	8,2
4,604	137,79	6,1 glänzend weiss	8,2 glänzend blau
4,585	263,55	5,0 grünlich	8,2
5,688	310,96	7,0	8,0 bläulich
4,923	137,27	7,0	7,0
6,378	196,14	7,7	8,0 (dreif. System)
6,175	102,80	5,0 grünlich weiss	7,0 blau
5,373	10,70	5,2	8,2 aschfarben
5,443	298,90	6,5 gelblich weiss	6,5 gelblich weiss
7,083	25,77	7,8 „ „	8,0 „ „
4,760	191,00	8,0	8,1
5,831	99,20	4,9	6,0
—	—	4,7 gelb	6,6 purpurroth
6,002	300,86	4,1 grünlich weiss	5,0 grünlich weiss
5,420	326,57	7,0 gelblich weiss	8,1 aschfarben
6,062	261,75	4,9 grünlich gelb	4,9 grünlich gelb

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
2272	70 *p* Ophiuchi	17h 56,6m	2° 33′	–
2276	H. III. 56	17 57,6	12 2	180
2534	H. II. 69	19 21,3	36 10	180
2725	H. II. 66	20 38,1	15 16	182
2822	μ Cygni	21 36,2	27 59	181
2863	ξ Cephei	21 58,5	63 46	181
2944	H. II. 57	22 38,7	— 5 8	182
2946		22 41,7	39 35	181
2995		23 7,4	— 2 33	180
3008	P. XXIII. 69	23 14,7	— 9 25	181
75		0 46,1	12 35	181
87		0 56,3	14 28	182
99	φ Piscium	1 4,4	23 40	182
108	194 Andromedae	1 8,9	36 28	180
124		1 17,8	— 14 47	181
130		1 21,8	69 1	182
169		1 39,7	69 12	182
225		2 1,5	53 24	181
273		2 22,3	17 36	180
293		2 31,6	56 18	180
295	84 Ceti	2 32,3	— 1 24	181
345		2 55,2	77 51	181
462		3 42,7	51 50	181
504		4 1,3	67 8	180
516	39 Eridani	4 6,0	— 10 43	181
546	H. II. 54	4 17,0	18 42	180
583	H. II. 81	4 32,2	0 38	182
619		4 48,0	50 0	180
625	H. II. 53	4 49,4	58 36	181
631		4 53,0	— 13 46	181
654	ϱ Orionis	5 4,2	2 41	182
689		5 11,6	67 46	181
811		5 43,1	30 28	182
854		5 59,5	5 48	182
860		6 0,3	24 55	182

Digitized by Google

ise.

f	*g*	*h*	*i*
—	—	4,1m gelb	6,1m purpurroth
6,840″	257,93°	6,0 gelbweiss	7,0 gelblich weiss
6,753	62,03	7,8 glänzend weiss	8,0 glänzend weiss
4,237	358,03	7,3	8,0 aschfarben
5,557	114,55	4,0	5,0 bläulich weiss
5,600	288,90	4,7 gelblich	6,5 blau
4,120	246,95	7,0 „	7,5 (dreif. System)
5,050	253,10	8,0	8,0
4,563	26,67	7,7	8,0
7,540	273,33	7,0 gelblich	8,0 aschfarben
4,822	275,28	8,6 „	10,6
6,557	193,03	8,0 „	8,5
7,980	227,52	4,7 glänzend gelb	10,1 blau
5,913	61,93	7,0 glänzend weiss	9,8 aschfarben
7,083	232,20	8,2 gelblich	10,2
7,493	187,73	8,0 „	9,0 aschfarben
5,110	132,30	8,5 „	11,0
5,693	78,13	8,0	11,2
6,867	358,27	7,7	8,7
6,607	57,50	8,5	11,7
4,855	334,62	6,0 gelb	9,2 aschfarben
6,510	79,60	8,0 „	9,8 „
7,792	319,77	9,0	10,7
6,717	261,93	8,5	10,0
6,347	153,90	6,0 gelb	9,0 blau
6,847	188,10	7,7 gelblich	9,5
5,705	328,22	7,8	9,4
5,407	105,97	8,7	8,7
4,437	114,73	8,2 gelb	9,8
5,413	104,83	7,2	8,7
7,055	63,47	4,7 gelb	8,5 blau
5,723	323,90	8,0	10,0
5,083	229,87	8,0	9,5
5,552	322,38	8,4	10,0
5,654	359,20	8,3	9,9

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
946	P. IV. 194	6h 29,8m	59° 37′	1801
966		6 38,1	40 9	1831
986		6 45,4	9 44	1828
1021		6 57,6	38 45	1831
1045		7 4,2	— 2 53	1831
1060		7 8,0	— 8 58	1831
1099		7 19,9	11 55	1832
1114		7 24,3	9 42	1830
1133		7 34,0	— 3 38	1831
1178		7 55,2	— 12 43	1831
1201		8 3,4	10 6	1831
1212		8 7,2	31 21	1829
1237		8 21,5	9 3	1831
1264		8 33,7	— 7 47	1828
1316		8 59,1	— 6 27	1832
1317		8 59,7	15 55	1829
1378		5 34,4	75 25	1830
1404		9 55,2	— 0 48	1830
1425		10 10,9	47 1	1829
1467		10 34,9	45 52	1831
1534		11 12,8	19 11	1830
1724	δ Virginis	13 0,9	— 4 36	1830
1798		13 55,4	79 14	1829
1805		14 1,3	4 50	1829
1830		14 10,1	57 29	1830
1870		14 34,6	8 47	1829
1934		15 11,4	44 28	1830
1943		15 19,0	5 58	1830
1947		15 21,6	39 8	1831
1953		15 24,4	6 5	1831
1982		15 44,1	43 19	1831
1984		15 46,5	53 25	1830
2072		16 30,6	48 2	1830
2103		16 41,8	13 33	1830
2165	281 Herculis	17 19,4	29 36	1829

Digitized by Google

asse.

f	*g*	*h*	*i*
4,197″	133,47°	7,2m	9,0m blau
5,113	112,27	8,2 gelblich	10,2
5,203	167,23	8,3	8,8 glänzend weiss
4,093	12,00	8,8	9,7
5,873	226,87	7,8	9,0 aschfarben
6,750	22,67	8,2	9,2
4,007	343,37	8,4	9,0 glänzend weiss
6,523	53,60	8,5	9,0
4,353	108,33	8,3	9,3
4,790	330,10	9,0	9,0
6,417	179,87	8,0	9,7
5,443	233,67	8,2	9,7
5,403	177,00	9,0	11,8
5,783	269,73	9,0	9,0
6,780	146,33	8,2	11,5 (dreif. System)
7,593	59,43	8,0	9,8
5,025	1,52	8,5	10,2
6,112	292,78	8,7	9,3
4,790	1,77	8,8	9,5
4,207	295,30	8,0 gelb	10,7
4,837	340,65	8,0 „	11,2
7,073	343,97	4,0	9,0
7,133	16,30	7,5 gelblich weiss	9,3
4,537	30,50	8,4	8,5
4,840	264,00	8,5 gelblich	9,8
4,070	230,63	7,8 gelblich weiss	10,7
5,297	45,13	8,5	8,5
5,277	153,27	8,5	9,0
6,757	27,90	8,3	8,7
6,540	255,10	8,7	9,8
4,682	301,17	8,7	8,9
6,530	273,80	6,2	8,5
5,047	184,65	8,6	9,7
5,673	36,57	5,2 bläulichweiss	10,0
6,710	45,72	7,0 gelblich	8,5 aschfarben

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
2221	337 Herculis	17^h 40,3^m	39° 26′	1831,11
2263	H. II. 90	17 53,9	26 34	1830,75
2310		18 13,3	22 45	1830,78
2345		18 28,1	20 55	1832,25
2385		18 38,8	16 48	1829,29
2394		18 39,8	41 54	1829,24
2441		18 55,7	31 11	1830,34
2455		18 59,5	21 54	1828,77
2514		19 16,7	67 21	1832,67
2539	H. II. 99	19 25,2	27 54	1830,63
2681		20 18,0	52 50	1831,24
2736		20 48,4	12 18	1830,96
2815		21 32,2	56 48	1832,43
2877	P. XXII. 33	22 5,6	16 21	1828,95
2880		22 5,9	58 52	1833,09
2895		22 12,6	24 3	1830,09
2910		22 20,0	22 40	1832,14
2925		22 29,0	5 0	1830,04
2975		22 54,5	43 8	1831,45
2976		22 59,0	5 39	1828,43
3116	33 Monocer.	6 13,4	— 11 42	1831,16
3132		19 20,7	19 52	1830,27
1758		13 25,5	49 56	1832,14
3038		23 37,8	61 41	1833,85
60	η Cassiopeiae	0 38,5	56 53	1832,58
205	γ Andromedae	1 53,3	41 30	1830,62
668	β Orionis	5 6,3	— 8 25	1831,53
686		5 10,4	23 51	1830,36
1622	2 Canum	12 7,2	41 36	1832,16
1633	55 Comae	12 11,8	28 0	1831,49

Digitized by Google

sse.

f	*g*	*h*	*i*
7,520″	352,10°	6,9m glänzend gelb	10,1m
7,270	161,80	8,2	9,2
4,973	233,77	7,0 glänzend weiss	10,3
7,383	185,15	8,4	10,1
4,277	36,83	8,3 gelblich	10,7
6,643	201,50	8,7 „	9,2
5,220	291,93	7,7 „	9,3
4,927	144,47	7,2 glänzend weiss	8,3
7,393	277,03	9,0 gelblich	11,3
5,357	5,25	7,9 glänzend weiss	9,7
6,600	41,77	7,3	10,8 (2 Sterne noch in der Nähe)
5,104	218,48	7,5	8,7
7,315	81,55	8.2 gelblich	10,0
7,632	316,45	6,4 gelb	9,6 blau
4,417	351,67	7,5 „	9,4 aschfarben
4,847	6,13	8,5 „	10,0
5,297	347,23	8,3	8,8
7,065	3,65	8,7	9,5
7,440	50,67	7,3	10,5
7,940	262,07	8,3 gelblich	10,2 } dreif. System
15,887	177,68	8,3 „	8,8 }
4,480	19,20	6,2 glänzend weiss	10,4
7,463	40,00	8,8	10,3
4,207	311,40	8,0	8,2
4,363	274,97	9,0	9,5

sse.

9,746	88,59	4,0 gelb	7,6 purpurroth
10,332	62,44	3,0 goldfarben	5,0 blau
9,137	199,77	1,0 gelblich weiss	8,0
9,188	219,89	7,9	8,1
11,417	259,64	5,7 glänzend goldfarb.	8,0 blau
8,745	245,11	7,1	7,2 glänzend weiss

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
1645		12ʰ 19,2ᵐ	45° 44′	1832.9
1999	H. II. 21	15 54,7	— 10 57	1831.1
2486	6 Cygni	19 7,5	49 31	1832.6
2816	H. III. 71	21 33,4	56 42	1832.5
1		0 0,0	36 15	1828.8
45	63 Cassiopeiae	0 29,5	46 1	1829.0
164		1 39,0	33 12	1832.9
175		1 41,5	20 15	1830.2
189		1 47,6	18 7	1829.9
471	ε Persei	3 46,2	39 30	1832.3
487		3 52,9	— 10 59	1831.0
506		4 2,6	69 59	1830.0
596		4 38,0	— 12 17	1831.2
651		5 1,6	— 7 18	1829.6
675		5 7,6	— 5 50	1830.5
683		5 9,7	25 0	1827.8
856		5 59,7	7 5	1831.1
1061	λ Geminorum	7 8,0	16 51	1829.4
1073		7 11,5	10 31	1830.1
1136		7 36,5	65 22	1830.6
1162		7 47,6	13 41	1829.5
1173		7 51,5	17 26	1830.2
1478		10 41,6	25 23	1829.9
1512		10 58,4	63 27	1831.6
1572		11 37,7	54 16	1831.4
1698		12 49,3	75 36	1831.3
1712		12 54,8	10 24	1828.7
2076		16 31,8	0 12	1832.9
2145		17 9,4	26 45	1830.9
2192	315 Herculis	17 33,2	29 20	1833.0
2413		18 44,7	3 9	1830.0
2548		19 29,3	24 38	1830.7
2656	250 Aquilae	20 7,0	7 19	1827.2
2667		20 11,9	45 5	1830.2

Digitized by Google

ise.

f	*g*	*h*	*i*
10,443″	161,48°	7,0m gelblich weiss	7,5m gelblich weiss
10,469	102,26	7,4	8,1 „ „
10,460	224,83	6,0	6,5
11,658	120,14	6,3 gelblich	7,0 (dreif. System)
9,455	286,55	8,5	10,0
8,790	82,95	7,0 gelblich	10,7
9,527	95,80	8,7	9,0
10,435	327,90	8,2 glänzend weiss	8,5 glänzend weiss
8,520	269,57	8,7	9,8
8,808	9,25	3,1 grün	8,3 hellblau
11,927	8,73	8,7	9,2 } dreif. System
21,730	237,37	8,7	10,3 }
9,647	290,27	9,0	9,2
11,120	280,85	8,0 gelblich weiss	10,2
10,815	101,75	8,0	10,0
9,263	4,53	8,8	9,0
12,193	80,13	7,8	10,0
10,280	47,43	8,3 gelblich	10,5
9,560	30,93	3,2 blaugrün	10,3
8,680	64,65	8,0	10,0
11,613	248,53	7,5 glänzend gelb	11,0
9,017	329,53	7,8 gelblich weiss	9,7
9,810	50,10	8,0	9,7
8,760	347,35	8,5	11,0
9,410	50,65	8.0	8,5
10,475	288,25	8,5	10,0
10,310	109,50	8,2	8,7
8,575	336,62	9,0	9,4
9,097	328,73	8,7	9,8
9,795	174,25	8,0 gelblich weiss	9,5
10,416	88,44	7,5 gelblich	9,9
9,547	199,00	8,2	8,7
9,260	100,85	8,0	9,0
9,923	232,30	7,0 gelblich	11,7
8,075	225,70	8,2 glänzend weiss	8,5 glänzend weiss

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	
2699		20h 27,2m	— 13° 17′	182
2706		20 31,9	— 1 43	182
2708	H. II. 87	20 32,0	38 1	182
2824	$\varkappa$ Pegasi	21 36,8	24 52	181
2833		21 43,0	8 14	182
2866		22 0,9	39 49	182
2941		22 37,5	18 21	180
231	66 Ceti	2 3,9	— 3 15	182
570	H. III. 100	4 27,1	— 16 7	180
753	26 Aurigae	5 27,3	30 24	182
785		5 35,3	25 51	180
1065	20 Lyncis	7 9,0	50 28	180
1625		12 8,0	81 6	182
1744	ζ Ursae	13 17,0	55 51	180
1821	$\varkappa$ Bootis	14 7,2	52 37	182
2280	100 Herculis	18 0,6	26 5	181
2690	H. III. 16	20 22,9	10 41	181
2758	61 Cygni	20 59,0	37 54	181
2998	94 Aquarii	23 9,9	— 14 24	180
23		0 8,4	— 0 38	182
32	49 Piscium	0 21,8	15 4	181
41		0 26,0	38 12	183
86	H. III. 75	0 56,1	— 6 23	182
254		2 11,9	22 49	181
296	9 Persei	2 32,4	48 30	182
329		2 47,9	58 19	180
497		3 59,4	8 0	182
607		4 42,5	25 8	181
613		4 46,3	43 51	1800 1815
629		4 52,0	83 13	182
633		4 54,1	63 22	181

Digitized by Google

sse.

f	*g*	*h*	*i*
9,565″	119,20°	8,0m	9,0m
10,807	33,65	8,2	10,8
11,252	351,72	7,0 gelb	8,7 blau
11,008	308,52	3,9 gelblich	10,8
8,827	341,47	7,2 „	10,0
9,027	53.33	8,8	11,3
8,733	270,47	7,5 gelblich	10,2

sse.

15,540	228,92	6,0 gelblich	7,8 blau
12,770	258,93	7,0	8,0 bläulich
12,343	268,02	5,8 gelb	8,0 „
13,810	348,60	6,7	7,7 bläulich weiss
15,036	253,41	6,6 glänzend weiss	6,8 glänzend weiss
14,280	218,77	6,5 „ „	7,0 „ „
14,368	147,60	2,1 grünlich weiss	4,2 grünlich weiss
12,597	337,71	5,1 „ „	7,2 bläulich
13,847	182,90	5,9 „ „	5,9 grünlich weiss
14,190	256,27	7,0	7,2
15,632	97,16	5,3 gelb	5,9 gelb
13,367	345,15	5,2 gelbweiss	7,2 blau
13,303	0,48	7,6 gelblich	9,9
13,676	107,88	6,8	10,6
15,817	188,63	8,3 gelb	11,5
12,123	171,03	8,0	8,7
13,330	334,15	8,5 gelb	10,0
15,400	294,60	4,2 „	10,0
15,945	271,70	7,5	9,0
14,325	263,30	8,5 gelblich	10,7
14,213	249,93	9,0	10,8
19,833	106,53	7,7	8,7
15,835	18,80	8,7	11,7
13,160	342,12	8,2	11,2
12,283	342,37	6,7	10,3

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
646		4ᴬ 59,0ᵐ	39° 3′	1871
725	30 Orionis	5 20,7	— 1 14	1871
733		5 23,8	15 54	1871
943		6 27	23 19	1871
1071		7 10,5	45 19	1871
1084		7 15,6	— 3 39	1871
1115		7 24,4	— 12 31	1871
1502		10 52,8	15 34	1871
1547	88 Leonis	11 22,7	15 20	1871
1602		11 58,3	70 4	1871
1806		14 2,0	49 21	1871
2346		18 28,8	7 23	1871
2398		18 40,7	59 21	1871
2453		18 59,4	39 53	1871
2784		21 10,6	73 20	1871
2915		22 23,6	6 28	1871
2919		22 24,8	20 17	1871
762	*a* Orionis	5 30,0	— 2 43	1871 1871 1871
10		0 5,6	61 53	1871
100	ζ Piscium	1 4,6	6 39	1871
136	100 „	1 25,6	11 40	1871
924	20 Geminorum	6 22,1	17 54	1871
1283	H IV 111	8 40,2	15 29	1871
1321		9 2,3	53 26	1871
1657	24 Comae	12 26,2	19 21	1871
2202	61 Ophiuchi	17 35,9	2 40	1871
2308	41 Draconis	18 31,1	79 58	1871
2426		18 51,9	12 41	1871
2840	147 Cephei	21 46,0	55 0	1871
54		0 34,8	32 36	1871

Digitized by Google

Classe.

f	*g*	*h*	*i*
15,870″	72,55°	8,2m gelblich weiss	9,0m
12,737	87,50	5,8 glänzend goldfarb.	11,0
12,090	38,05	8,7	9,5
15,465	165,90	8,5	9,0
15,520	357,30	8,2	10,2
13,340	285,55	7,2 gelb	9,7
12,380	140,25	9,0	9,0
12,437	284,53	8,5 gelb	9,3
15,305	319,90	6,4 „	8,4 blau
13,005	179,85	7,5	9,0
13,190	173,53	9,0	10,0
15,410	282,85	7,5	9,0
12,420	134,37	8,2 gelblich	8,7 bläulich
15,180	100,30	8,2	10,7
14,087	347,72	8,5 gelblich	10,5
12,273	169,03	8,5	8,7
14,297	273,80	9,0	10,5
11,005	236,52	4,1	10,3
12,857	84,50	4,1	7,5
30,033	230,82	7,0 aschfarben	7,5

Classe.

17,683	176,55	7,5	8,2
23,456	63,72	4,2	5,3
16,028	78,84	6,9	8,0
20,012	209,80	6,0 gelblich weiss	6,9 gelblich weiss
16,457	123,33	7,0	8,0
20,100	48,45	7,4 gelb	7,4 gelb
20,422	271,94	4,7 glänzend gelb	6,2 blau
20,545	94,07	5,5	5,8
20,622	235,63	5,4	6,1
16,887	79,77	6,8 rothgelb	8,2 aschfarben
20,012	194,06	6,0 grünweiss	7,0 hellblau
17,495	195,70	9,0	10,2

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
69		0h 43,5	82° 44′	1832.
84	26 Ceti	0 54,8	0 26	1825.
101	H IV 77	1 5,0	— 8 34	1832.
197		1 50,8	34 27	1833.
241		2 7,5	73 20	1831.
321		2 43,2	58 9	1830.
418		3 25,2	74 48	1831.
542		4 15,1	45 52	1830.
545		4 17,0	17 48	1830.
571	H III 95	4 27,5	— 3 56	1830.
579		4 31,5	22 23	1831.
649	H IV 43	5 0,2	— 8 55	1831.
817		5 45,6	6 59	1830.
878		6 5,1	62 28	1831.
891	P VI 56	6 10,0	12 23	1830.
901		6 15,5	10 36	1829.
1341		9 10,6	51 20	1830.
1351	23 *h* Ursae	9 17,8	63 48	1830.
1496		10 49,0	14 13	1828.
1594		11 54,6	42 21	1831.
1636	17 Virginis	12 13,5	6 16	1829.
1664		12 29,4	— 10 32	1830.
1704	44 Virginis	12 50,6	— 2 52	1830.
1847		14 19,5	— 9 21	1829.
1893		14 48,8	30 12	1832.
1894	18 Librae	14 49,6	— 10 24	1831.
1961		15 28,5	44 8	1830.
2096	19 Ophiuchi	16 38,3	2 23	1832.
2115	192 Herculis	16 53,6	15 11	1830.
2194	P XVII 200	17 33,9	24 37	1831.
2234		17 43,4	— 7 55	1831.
2253		17 50,3	14 41	1829.
2268		17 56,1	25 22	1829.
2330		18 23,2	13 4	1829.
2337		18 25,0	— 14 50	1829.

Digitized by Google

sse.

f	*g*	*h*	*i*
21,445″	359,82°	8,5m	9,7m
16,047	252,00	6,6	9,0 aschfarben
21,333	339,35	7,5 gelb	9,8
18,333	233,60	7,3 „	8,3 aschfarben
19,755	282,60	8,5	10,0
18,420	19,70	8,5 gelb	9,0
16,097	61,80	8,5	9,2
21,223	102,20	8,2 gelblich	9,7
19,127	57,04	7,5	9,3
17,843	258,67	6,3 glänzend gelb	11,0
16,485	30,15	8,5 rothgelb	10,7
21,592	80,80	7,0	8,7 blau
18,480	72,37	8,2	8,3 gelb
16,190	311,70	7,2 gelb	11,0
21,901	292,23	7,7	10,7
20,007	247,50	7,7	9,5
21,090	267,28	8,5	8,5
22,810	272,45	3,8 weisslich grün	9,0 aschfarben
18,957	352,82	8,0	10,0
16,955	165,00	8,7	10,5
19,317	336,73	6,2 weiss grün	9,0
17,100	271,63	7,7 gelb	8,0 blau
21,290	53,02	6,0	11,2
18,727	248,45	8,5	9,8
21,602	260,99	8,4	10,0
19,452	38,76	6,0 gelb	10,2
21,555	56,00	8,7	9,0
22,253	92,58	6,0	9,3 aschfarben
19,130	238,39	5,7 glänzend weiss	10,5
16,127	9,37	6,2 gelb	8,5 aschfarben
16,236	199,68	8,6	9,3
18,065	80,45	7,5 gelblich	10,2
18,125	218,20	8,0 gelblich weiss	9,0
20,313	176,93	7,3	9,0
16,403	297,43	7,8	8,8 bläulich

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
2424	11 Aquilae	18h 50,9	13° 25′	1831.
2515		19 17,1	31 26	1829.
2533		19 21,1	— 0 46	1831.
2567	H IV 132	19 36,0	12 0	1829.
2743	59 *f* Cygni	20 53,8	40 51	1831.
2779		21 6,7	28 23	1828.
2865		22 0,3	69 22	1833.
80	P O 251	0 50,5	— 0 91	1833.
93	*a* Ursae minoris	0 59,3	88 23	1831.
1132		7 33,6	— 3 7	1829.
88	*ψ'* Piscium	0 56,3	20 32	1832.
1540	83 Leonis	11 18,0	3 58	1832.
1575	H IV 49	11 43,0	9 46	1832.
1919	H N 62	15 5,0	19 58	1832.
1972	*n'* Ursae minoris	15 39,3	81 1	1832.
2241	*ψ* Draconis	17 45,5	72 14	1832.
2456		18 59,7	38 15	1829.
2580	*χ* Cygni	19 39,7	33 21	1832.
2893		22 9,8	72 28	1833.
3127	*δ* Herculis	17 7,8	25 3	—
36	51 Piscium	0 23,3	5 59	1833.
132		1 22,5	16 3	1829.
289	33 Arietis	2 30,5	26 18	1831.
447		3 36,6	37 49	1830.
610	7 Camelopard	4 43,3	53 27	1831.
735		5 24,4	— 6 38	1831.
853		5 59,5	11 41	1830.
1142		7 38,7	13 51	1829.
1230		8 18,6	17 25	1829.
1261		8 32,5	— 11 20	1831.
1281		8 38,7	0 40	1833.
1285		8 41,4	21 31	1830.

Digitized by Google

lasse.

f	*g*	*h*	*i*
18,663″	241,63°	5,7m grünlich weiss	9,2m aschfarben
18,740	18,30	7,5 gelblich weiss	9,8
23,163	212,18	7,2 glänzend weiss	9,0
18,073	315,67	7,7 „ „	9,5
20,230	352,42	4,7 grünlich weiss	9,0 blau
19,225	189,45	8,5 gelblich	8,5 gelblich
16,365	175,15	8,5	9,0
18,260	300,07	7,0 gelb	8,2 blau
18,234	210,06	2,0 „	9,0
19,257	237,87	8,1	8,7

lasse.

29,897	160,32	4,9	5,0
29,580	150,02	6,3	7,3
30,603	209,82	7,0 gelblich	8,0
24,822	10,19	6,1 gelblich weiss	7,0
30,150	82,96	6,1	7,0 gelblich
30,887	15,13	4,0	5,2
29,073	13,63	8,2	8,2
25,750	73,36	5,1 glänzend gelb	8,1 bläulich
28,832	348,65	5,5 gelblich	7,6
—	—	3,0 grün	8,1 hellaschgrau
27,423	82,35	5,0	9,0 aschfarben
24,250	5,40	7,0 gelb	10,0
28,543	359,40	5,8 gelblich	8,7
26,463	178,30	7,8 „	9,0
25,647	238,32	4,2	11,3
30,925	355,25	8,5	9,0
24,060	340,07	7,8	8,3
24,362	275,87	8,0 gelblich	10,4
28,000	194,15	8,3	10,0
29,840	301,87	7,5 gelblich	10,2
25,022	329,64	7,8	8,9 gelblich weiss
26,410	338,85	9,0	9,7

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
1595		11ʰ 55,4	8° 20′	1830,58
1689	P XII 221	12 46,8	12 26	1827,78
1746		13 19,5	10 21	1829,64
1901	342 Bootis	14 53,6	32 6	1831,49
2065		16 26,8	40 22	1830,73
2220	μ Herculis	17 39,7	27 50	1831,60
2342	55 Tauri Pon.	18 27,0	4 48	1830,71
2855		21 56,4	— 2 17	1828,84
2986		23 2,1	13 31	1829,80
3039	H IV 107	23 38,0	27 28	1830,93
90	77 Piscium	0 56,7	3 59	1833,30
1607		12 2,6	37 3	1830,99
2425		18 50,9	— 8 20	1828,60
2436		18 53,6	8 31	1830,35
634	19 Camelopard.	4 54,2	78 59	1834,15
1678		12 36,8	15 19	1832,27

Digitized by Google

lasse.

f	*g*	*h*	*i*
27,460″	329,47°	8,5m	9,2m
28,665	198,39	6,7 gelblich	9,0 bläulich
29,623	250,83	7,7 „	10,3
30,345	203,70	7,7	9,5
30,493	218,75	8,0	8,7
29,883	241,35	3,8 gelb	9,5
26,907	11,97	5,7	8,5
27,525	295,67	7,9	9,5
31,623	273,88	6,5	9,3
30,327	36,43	7,3 glänzend gelb	9,7
32,836	82,73	5,9	6,8
33,073	350,33	7,8	8,3
32,070	183,22	6,9 gelblich	7,7 aschfarben
34,584	308,96	7,4 gelbweiss	8,1 hellblau
34,042	348,57	4,5 gelblich	7,9
32,597	211,61	6,3	7,0 gelbweiss

Digitized by Google

Bemerkungen zu dem vorstehenden Verzeichnisse.

I. Classe.

412. Die beiden Herschel und South erkannten nur den entferntern Begleiter des Hauptsternes; erst Struve fand im Dorpater Refractor unter Anwendung einer 600fachen Vergrösserung, dass der Hauptstern wiederum aus zwei Componenten besteht. Die Distanz und Position des entferntern Begleiters, gibt Struve im Mittel aus vier Messungen an:

1830,92	22,407″	63,02°

Eine Veränderung in der Stellung ist bis jetzt noch nicht nachweisbar. Dagegen findet sich solche für den nähern Begleiter. Mädler findet für 1844,07 : Positionswinkel $p = 262{,}48°$. 1838,85 : Distanz $d = 0{,}5554''$.

Wäre diese Veränderung von p gleich der mittlern, so würde die Umlaufszeit des Begleiters 535,71 Jahre betragen.

1356. Zu den schwierigsten Doppelsternen gehörend. Herschel gibt folgende Bestimmungen, in welchen d' den Abstand der Ränder der Scheiben beider Sterne, in Theilen des Durchmessers des kleinern, bezeichnet:

1782,87	$p = 110{,}9°$,	$d = 1/4\ d'$
1795,30	—	$1/2\ d'$
1804,09	130,88	$1\ d'$

Als Struve den Doppelstern 1833 mittels 1000facher Vergrösserung untersuchte, hatte der Abstand bis zu 0,447″ abgenommen, während der Positionswinkel auf 172,80° gewachsen war. Im Jahre 1841 zeigte der Dorpater Refractor nur noch eine längliche Gestalt dieses Doppelsternpaares und im folgenden Jahre beobachtet Mädler an demselben Instrumente die centrale Bedeckung.

Die Bahnelemente dieses Doppelsternes sind:

Umlaufszeit	133,35 Jahre.
Zeit des Perihels	1876 Juni 9.
Perihel vom Knoten	217° 21,7′
Knoten	111 51,3
Neigung	57 14,0
Excentricität	0,3605
Halbe grosse Axe	0,954″

(Berechner: Klinkerfues.)

Digitized by Google

1670. Dieser Stern gehört zu den am frühesten beobachteten Doppelsternen, indem bereits 1718 Pound und Bradley Beobachtungen der Distanz (und Position) lieferten; doch gab erst Herschel genauere Resultate.

Die frühesten Beobachtungen Struve's über dieses Sternpaar datiren vom Jahre 1822. Während Sir John Herschel im Jahre 1835 am Cap der guten Hoffnung mit seinem zwanzigfüssigen Spiegelteleskope den Stern nur einfach erblickte, wurde derselbe im Dorpater Refractor unter 1000facher Vergrösserung meist deutlich getrennt, stets aber mindestens länglich gesehen. Im Mittel aus drei Beobachtungen fand Struve für:

$$1836{,}41\ p = 151{,}57^{0},\ d = 0{,}257''$$

Die bereits früher von demselben Beobachter vermuthete Lichtveränderung einer der beiden Componenten, bestätigte sich in den Jahren 1834 und 1835 vollkommen, indem statt völlig gleicher Helligkeit, im Frühlinge 1835 ein Helligkeitsunterschied von $^1/_2$ Grössenclasse constatirt wurde. Dembowski fand beide hellgelb wie Struve, aber 1868 beobachtete er eine mehr grünliche Farbe, vergleichbar α Geminorum (Astr. Nachr. Nr. 1806). Seine Messungen ergaben:

1854,91	$d = 3{,}315''$,	$p = 172{,}33^{0}$
1856,40	3,608	170,42
1863,33	4,085	165,90
1864,76	4,131	164,43
1867,05	4,230	163,62
1868,28	4,310	163,37

Die Bahnelemente dieses interessanten Doppelsternes sind:

Umlaufszeit	169,48 Jahre.
Zeit des Perihels	1836 April 11.
Perihel vom Knoten	79^{0} 4,3′
Knoten	62 8,7
Neigung	25 25,4
Excentricität	0,8806
Halbe grosse Axe	3,863″

(Berechner: Mädler.)

(Vergl. Thiele, Untersogelse af γ Virginis. Kopenh. 1866.)

1728. Die Veränderung im Positionswinkel ist ziemlich rasch. Nach Mädler hat man:

$$1851{,}32\ p = 194{,}98^{0};\ 1843{,}20\ d = 0{,}39''.$$

In den Jahren 1833 und 1834 vermochte Struve im Dorpater Refractor, selbst bei 1000facher Vergrösserung, nur eine

Digitized by Google

längliche Form des Sternes zu erkennen, in der sich die grosse Axe zur kleinen wie 6 : 5 verhielt.

Im Ganzen ist bei diesem Doppelsternsysteme, seit seiner Entdeckung durch W. Struve bis zur Gegenwart, bereits drei Mal die Bedeckung des einen Sterns durch den andern beobachtet worden. Eine Reihe von ungünstigen Umständen, worunter die nahe gleiche Helligkeit beider Componenten und die Thatsache, dass unsere Gesichtslinie zum Sterne sehr nahe mit der Ebene der Bahn zusammenfällt, erlauben gegenwärtig nur beschränkte Folgerungen über die Bahnelemente. Aus einer Discussion von 78 in den Jahren 1827 bis 1864 von den beiden Struve, Vater und Sohn, erhaltenen Messungen, findet Otto Struve, unter Voraussetzung des genauen Zusammenfallens der Gesichtslinie mit der Ebene der Bahn, und der Annahme der grossen Axe senkrecht zur Gesichtslinie:

Umlaufszeit	25,5 Jahre.
Halbe grosse Axe . . .	0,50″
Excentricität	0,075

Diese Elemente stellen sämmtliche Beobachtungen sehr befriedigend dar (Bull. de l'acad. de St. Petersb. T. X.).

1937. Die Beobachtungen Herschel's über diesen Stern gehen bis 1781 zurück und hat es der Begleiter seitdem mehr als $1^1/_2$ Umlauf vollendet. Trotzdem hat geraume Zeit hindurch eine beträchtliche Unsicherheit über die wahre Revolutionsperiode geherrscht. Die gegenwärtig wahrscheinlichsten Bahnelemente sind (Connaiss. des temps pour l'an 1852):

Umlaufszeit	67,32 Jahre.
Zeit des Perihels	1846 August 24.
Perihel vom Knoten	184° 59,6′
Knoten	8 52,3
Neigung	59 18,6
Excentricität	0,4043
Halbe grosse Axe	1,201″

(Berechner: Yvon Villarceau.)

2055. Struve stellt in seinen Mensuris micrometricis folgende Messungen der Positionswinkel dieses Sternes zusammen:

1783,18 p =	75,50°	W. Herschel.
1802,39	69,32	„
1825,51	331,80	W. Struve.
1828,51	342,10	„
1831,90	349,47	„
1834,42	350,60	„

Dembowski fand (A. N. Nr. 1114): 1856,08 $p = 14{,}69°$ $d = 1{,}2″$.

Digitized by Google

Die Berechnung aller zuverlässigen Beobachtungen durch Hind hat folgende Bahn geliefert:

Umlaufszeit	95,88 Jahre.
Zeit des Perihels	1791 März 19.
Perihel vom Knoten	135° 24′
Knoten	30 23
Neigung	49 40
Excentricität	0,4772
Halbe grosse Axe	0,847″

2084. Dieser ist der erste Doppelstern, welcher (1802) dem ältern Herschel das Phänomen einer gegenseitigen Bedeckung zweier Fixsterne darbot. Bis zum Jahre 1826 gelang es nicht, den Begleiter wieder zu erblicken, erst der Dorpater Refractor zeigte ihn wiederum bei 600facher Vergrösserung. Aber 1828 wurde es auch für dieses Instrument schwierig, den Begleiter zu zeigen; 1829 und 1831 erblickte Struve keine Spur desselben, 1832 glaubte er ihn bei 800facher Vergrösserung blickweise zu sehen, doch erst im Jahre 1834 gelang es bei 1000maliger Vergrösserung Distanz und Positionswinkel zu bestimmen. Die folgenden Bahnelemente sind noch beträchtlich unsicher:

Umlaufszeit	36,36 Jahre.
Zeit des Perihels	1830.
Perihel vom Knoten	104° 54,6′
Knoten	234 20,7
Neigung	43 43,4
Excentricität	0,4482
Halbe grosse Axe	1,254″

(Berechner: Villarceau.)

3062. Aus den Beobachtungen von Herschel folgt für den Positionswinkel:

$$1782{,}65\ p = 320{,}7^{0}.$$

Struve fand denselben:

$$1836{,}61\ p = 146{,}38,$$

so dass der Begleiter also in 54 Jahren fast 186° seiner scheinbaren Bahn durchlaufen hat. Mädler's Rechnung (Untersuch. über d. Fixsternsysteme I.) gibt folgende Bahnelemente:

Umlaufszeit	146,83 Jahre.
Zeit des Perihels	1834 Januar 4.
Perihel vom Knoten	42° 0,3′
Knoten	77 21,2
Neigung	38 35,9
Excentricität	0,5754
Halbe grosse Axe	0,998″

Digitized by Google

Eine neue Berechnung der Bahnelemente von W. Schur ergibt:

Umlaufszeit	112,644 Jahre.
Zeit des Perihels	1835,196
Perihel vom Knoten	97° 31,1′
Knoten	32 9,9
Neigung	29 58,4
Excentricität	0,50090
Halbe grosse Axe	1,31045″

2262. Ein sehr schwieriger Doppelstern. Herschel beschreibt ihn am 28. April 1783 als denjenigen unter allen seinen Doppelsternen, dessen Componenten einander am nächsten stehen. Mit 460facher Vergrösserung zeigte er sich einfach und kaum abweichend von der kreisförmigen Gestalt der einfachen Sternscheiben, mit 932facher Vergrösserung erblickte er indess die Trennung. In den Jahren 1825 und 1827 gelang es Struve bei 600facher Vergrösserung nicht, die Componenten zu trennen, erst im zweiten Drittel des Jahres 1835 erblickte er den Stern unter 800facher Vergrösserung doppelt. Mädler hat für den Begleiter folgende (noch sehr unsichere) Bahn berechnet:

Umlaufszeit	87,03 Jahre.
Zeit des Perihels	1840 Januar 25.
Perihel vom Knoten	145° 0′
Knoten	55 6
Neigung	51 47
Excentricität	0,0374
Halbe grosse Axe	0,818″

3121. Ueber diesen schwierigen Doppelstern hat H. Fritsche (Bull. de l'Acad. de St. Petersb. T. X.) eine sorgfältige Untersuchung angestellt, wonach sich die Umlaufszeit auf etwa 40 Jahre stellt. Wenn die mit hinreichend kräftigen Instrumenten versehenen Beobachter, diesem Doppelsterne in den nächsten Jahrzehnten einige Aufmerksamkeit zuwenden, so wird man noch vor Ablauf des Jahrhunderts, die Bahnelemente desselben mit ziemlicher Sicherheit kennen lernen.

II. Classe.

262. Die Positionswinkel in diesem dreifachen Systeme gibt W. Herschel wie folgt an:

Digitized by Google

für die beiden Sterne	4,2. und 7,1. Grösse	: 1782,44	$p = 290{,}5^0$
„ „ „	4,2. „ 8,1. „	: 1782	100,6
	„ „ „ „	: 1804	108,95

314. Herschel's Messungen ergaben den Positionswinkel:

1782,63	$p = 278{,}4^0$
1804,18	290,57
Struve hat 1830,46	295,45

Wenn diese Veränderung der mittleren gleich ist, so beträgt die Umlaufszeit des Begleiters nahe 1000 Jahre.

948. Ein dreifaches System, $A = 5{,}2$. Grösse, $B = 6{,}1$. Grösse, $C = 7{,}4$. Grösse.

Folgendes sind die Positionswinkel:

	A und B	B und C
1780,75	$p = 181{,}39^0$.	$p = 302{,}55$ (W. Herschel).
1821,32	159,70	304,20 (F. W. Struve).
1831,10	153,66	304,20 (F. W. Struve).
1842,00	148,63	305,58 (Mädler).
1856,18	142,76	306,06 (Dembowski).

1196. Ebenfalls ein dreifaches System. Die Bahnelemente des näheren Begleiters sind:

Umlaufszeit	58,27 Jahre.
Zeit des Perihels	1816 September 7.
Perihel vom Knoten	133° 0,7′
Knoten	33 34,3
Neigung	24 0,4
Excentricität	0,4438
Halbe grosse Axe	0,892″

(Berechner: Mädler.)

1523. Die Vergleichung der Beobachtungen des Positionswinkels in den Jahren 1781 und 1803, liess schon den ältern Herschel die Veränderung erkennen. Die Beobachtungen Struve's in Dorpat zwischen 1819,10 und 1834,44, ergaben eine Veränderung des Positionswinkels von 113,35°, während die scheinbare Distanz sich noch nicht um $^1/_3$″ änderte. Baron Dembowski gibt folgende Messungsresultate:

1854,88	$d = 3{,}197''$	$p = 115{,}02^0$
1856,34	3,187	112,31
1863,23	2,557	96,66
1866,30	2,060	86,76
1868,30	1,738	77,50

Digitized by Google

Die Bahnelemente sind vergleichsweise sehr sicher:

Umlaufszeit	61,30 Jahre.
Zeit des Perihels	1817 Februar 16.
Perihel vom Knoten	132° 28,7′
Knoten	96 21 9
Neigung	50 55,4
Excentricität	0,4037
Halbe grosse Axe	2,295″

(Berechner: Mädler.)

Eine neue Bahnbestimmung dieses Doppelsternes, gestützt auf die Beobachtungen von 1819,10 bis 1860,08 hat Breen geliefert. Man hat hiernach folgende Elemente:

Umlaufszeit	63,14 Jahre.
Zeit des Perihels	1816,32
Perihel vom Knoten	132° 53′
Knoten	97 18
Neigung	52 16
Excentricität	0,3929
Halbe grosse Axe	2,454″

1687. Von W. Herschel als doppelt erkannt, aber im Dorpater Refractor als dreifach erwiesen. Distanz und Positionswinkel des entferntern Begleiters wurden gefunden:

1783,15	$d = 31{,}28''$	$p = 126{,}85°$	W. Herschel.
1821,34	29,49	128,30	John Herschel u. South.
1822,28	30,69	129,90	Struve.
1830,15	28,58	124,71	Struve.
1856,46	28,23	126,9	Dembowski.

Die Bewegung ist also jedenfalls nur gering. Der nähere Begleiter bewegt sich rascher. Nach Mädler's Angabe hat man:

$$1840{,}78 \quad d = 1{,}369'' \quad p = 34{,}90°$$

Der Vergleich mit Struve's Angabe für 1829,99 ergibt eine mittlere jährliche Veränderung des Positionswinkels von 52,4′ bei langsam abnehmender Distanz.

1938. Die retrograde Bewegung wurde schon von Herschel aus den Beobachtungen von 1782 und 1802 erkannt. Die Bahnelemente sind:

Umlaufszeit	458,66 Jahre.
Zeit des Perihels	1851 October 1.
Perihel vom Knoten	103° 22′
Knoten	104 50
Neigung	58 2
Excentricität	0,8775
Halbe grosse Axe	3,08″

(Berechner: Russel Hind.)

Digitized by Google

1998. Ein dreifaches System. Die Bewegungen der beiden Begleitsterne sind unzweifelhaft, allein selbst für den nähern kann gegenwärtig bloss eine genäherte Bahn abgeleitet werden. Wird diese kreisförmig angenommen, so findet Mädler:

Umlaufszeit	105,52 Jahre.
Länge des Knotens	4° 45,2′
Neigung	70 13,3
Distanz	1,289″

Eine neuere Berechnung von Thiele (Astr. Nachr. Nr. 1199), welche ausschliesslich auf die Beobachtungen von 1825 bis 1856 gegründet ist, ergibt im Anschlusse an Herschel's Beobachtung von 1782:

Umlaufszeit	49,05 Jahre.
Halbe grosse Axe	1,7492″
Excentricität	0,9698
Periheldurchgang	1860,591

Hiernach würde die Distanz seit 1860 von 0,018″ an zunehmen müssen und bereits 1870 gegen 1″ betragen haben. Dembowski's Messungen bestätigen dies, denn sie ergeben:

$$1868{,}87\ d = 0{,}886''\quad p = 166{,}74^0$$

2032. W. Herschel fand 1782 die Distanz beider Sterne gleich $1^1/_4$ Durchmesser der Scheibe des kleinern, wenn er eine 227-fache Vergrösserung anwandte. Die ungleich präciseren Beobachtungen Struve's ergaben:

1819,62	$p =$ 48,0°	
1827,02	89,35°	$d =$ 1,312″
1830,11	104,90	1,220
1832,99	118,80	1,297
1835,50	130,46	1,308
1836,59	134,73	1,437

Dembowski fand (A. N. Nr. 1114):

1854,86	$p =$ 179,85°	$d =$ 2,369″
1856,42	181,77	2,686

Das Perihel scheint um das Jahr 1830 herum stattgefunden zu haben. Die folgenden Bahnelemente sind noch sehr unsicher:

Umlaufszeit	478,04 Jahre.
Zeit des Perihels	1829 Juni 26.
Perihel vom Knoten	96° 44,2′
Knoten	0 29,2
Neigung	38 55,8
Excentricität	0,6421
Halbe grosse Axe	3,900″

(Berechner: Mädler.)

Digitized by Google

2579. Dieser Stern war 1783 leicht zu beobachten, aber in den Jahren 1802 und 1804 gelang es W. Herschel, auch mit seinen kraftvollsten Instrumenten, nicht, den Begleiter zu erkennen. Ebenso vergeblich waren die Versuche von Sir John Herschel und James South 1825 zu Passy, selbst bei 787facher Vergrösserung. Erst nach Aufstellung des Fraunhofer'schen Refractors zu Dorpat gelang es Struve sofort, bei 480facher Vergrösserung, den Begleiter wiederzufinden. Im Jahre 1832 bestimmte John Herschel in Slough Positionswinkel und Distanz, jedoch war er gezwungen, hierzu sein zwanzigfüssiges Spiegelteleskop anzuwenden, da ein 7füssiger Refractor keine Messungen gestattete. Eine ausgezeichnete Beobachtungsreihe dieses Binarsystems ist von W. R. Dawes (in Nr. 1552 d. Astr. Nachr.) veröffentlicht worden. Die Pulkowaer Messungen umfassen über 20 Jahre, sie erstrecken sich von 1840 bis 1862.

Aus sämmtlichen Beobachtungsresultaten hat C. Behrmann folgende Bahn abgeleitet (Astr. Nachr. Nr. 1561):

Umlaufszeit	415,11 Jahre.
Zeit des Perihels	1904,10
Perihel vom Knoten	203° 2′
Knoten	91 8
Neigung	37 46
Excentricität	0,28583
Halbe grosse Axe	2,30974″

1051. Von Struve als dreifach erkannt. Der entferntere Begleiter (6,7. Grösse) in 31,2″ Distanz zeigt bis jetzt keine Bewegung. Für den näheren Begleitstern gibt Mädler folgende Position und Distanz an:

$$1841{,}14 \quad p = 271{,}75^{0} \quad d = 1{,}217''$$

Der Positionswinkel nimmt jährlich um 21,03′ zu.

III. Classe.

202. An diesem hellen Doppelsterne ist die langsame Bewegung höchst merkwürdig. Man hat folgende Distanzen und Positionswinkel:

1781,89	$p =$	337,39 W. Herschel.
1802,08		333,00 W. Herschel.
1821,93 $d =$ 5,43″		335,55 Sir John Herschel u. South.
1821,96 3,94		336,93 Struve.
1831,16 3,636		335,72 Struve (im Dorpater Refractor).

Digitized by Google

1424. Von Herschel 1779 zuerst beobachtet. Der Positionswinkel nimmt langsam zu. Mädler gibt folgende Bestimmungen:

$$1840{,}00\ p = 105{,}40^0 \quad 1843{,}95\ d = 2{,}722''$$

Die jährlichen Veränderungen von p und δ sind nach demselben Astronomen:

$$\Delta p = + (14{,}068' - 0{,}05310' t + 0{,}001452' t^2)\ t$$
$$\Delta \delta = + (0{,}00784'' - 0{,}000790'' t)\ t,$$

wo t die Anzahl der Jahre bezeichnet, die seit den oben für p und d angegebenen Epochen verflossen sind.

1877. Für diesen Stern hat man folgende Bestimmungen des Positionswinkels:

1781,73 p =	305,12°	W. Herschel.
1796,63	315,53	W. Herschel.
1803,01	314,65	W. Herschel.
1822,39	318,23	F. W. Struve.
1822,55	322,98	Sir John Herschel u. South.
1825,34	324,43	Sir John Herschel u. South.
1829,39	320,98	F. W. Struve.
1829,92	320,72	Sir John Herschel.
1830,92	321,86	Dawes.
1831,56	316,22	F. W. Bessel.
1835,61	320,60	F. W. Struve.
1845,18	323,53	Mädler.
1856,49	324,30	Dembowski.

Hiernach nimmt der Positionswinkel jährlich um etwa 10,4′ zu. Eine Veränderung der Distanz ist aus Struve's Messungen nicht zu erkennen.

1954. Die Angaben des Positionswinkels des ältern Herschel, sind wahrscheinlich zum Theil fehlerhaft. Man hat folgende Bestimmungen:

1821,33 p =	199,38°	Sir John Herschel u. South.
1833,07	197,28	Struve.
1836,30	196,93	Struve.
1856,52	193,01	Dembowski.

2130. Die Veränderung des Positionswinkels ist bedeutend, wie folgende Bestimmungen zeigen:

1781,73 p =	232,37°	W. Herschel.
1803,45	220,14	W. Herschel.
1825,25	208,97	South.
1835,39	203,07	Struve.
1837,96	201,00	Struve.
1856,63	187,30	Dembowski.

Digitized by Google

IV. Classe.

1110. Der Stern ist seit 1729 beobachtet worden, allein die Bahnbestimmungen sind ungemein schwierig, da in den frühesten Beobachtungen (von Pound und Bradley) der Positionswinkel bloss geschätzt werden konnte. Wie gross die Unsicherheit in dieser Beziehung ist, ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung der Rechnungsresultate verschiedener Astronomen.

Berechner	Zeit des Perihels	Umlaufszeit	
Sir John Herschel 1831	1855,83	252,66	Mem. Roy. Astr. Soc. Vol. V.
Mädler 1836	1913,90	232,12	Astr. Nachr. Bd. 14.
Hind 1845	1699,26	632,27	Bishop, On the double stars.
Jacob 1846	1703,30	653,1	
Mädler	1688,28	519,78	Mädler, Fixsternsysteme.

Die neueste Bahnberechnung von Th. N. Thiele (Astr. Nachr. Nr. 1227) ergibt:

Umlaufszeit	996,85 Jahre.
Zeit des Perihels	1750,33
Perihel vom Knoten	294° 0,8′
Knoten	31 58,0
Neigung	42 5,4
Excentricität	0,34382
Halbe grosse Axe	7,5375″

1306. Distanz und Positionswinkel nehmen fortwährend ab. Folgende Zusammenstellung zeigt dies näher an:

1782,42	$d = 7{,}93''$	$p = 283{,}0$	W. Herschel.
1831,40	4,615	264,35	Struve.
1836,42	4,61	262,0	Struve.
1856,56	3,743	258,26	Dembowski.

Die Abnahme des Positionswinkels beträgt jährlich $(24{,}8' - 0{,}33' t)\,t$, jene der Distanz nahe 0,06″.

1346. Die Distanz abnehmend, der Positionswinkel hingegen wächst langsam. Struve gibt folgende Zusammenstellung von Messungen des letztern:

Digitized by Google

1782,87	$p = 306{,}75^0$	W. Herschel.
1802,39	317,62	W. Herschel.
1822,12	309,03	Sir John Herschel u. South.
1830,99	310,96	Struve.

Die Angabe Herschel's von 1802 ist wahrscheinlich um 10^0 fehlerhaft.

1888. Den ersten Versuch einer Bahnbestimmung dieses schönen Doppelsternes gab Sir John Herschel. Mädler hat eine neue Berechnung unternommen und findet:

Umlaufszeit	160,070 Jahre.
Zeit des Perihels	1761 September 16
Perihel vom Knoten	315^0 9,7′
Knoten	172 39,4
Neigung	52 39,3
Excentricität	0,4540
Halbe grosse Axe	5,591″

Nach den Messungen von Dembowski war 1868,36: $d = 5{,}050''$, $p = 297{,}46^0$.

2272. Herschel's erste Beobachtungen datiren von 1779. Die Dorpater Beobachtungen Struve's umfassen den Zeitraum von 1820 bis 1837. Die erste Bahnbestimmung versuchte Encke, sie ergab:

Umlaufszeit	73,862 Jahre.
Halbe grosse Axe . . .	4,328″
Excentricität	0,4300

Die spätere Berechnung von Klinkerfues (A. N. Nr. 1135), welche nahe mit der von Yvon Villarceau übereinstimmt, lieferte folgende Elemente:

Umlaufszeit	95,97 Jahre.
Zeit des Perihels.	1808,27
Perihel vom Knoten	160^0 32,4′
Knoten	123 8,4
Neigung	57 20,7
Excentricität	0,49353
Halbe grosse Axe	4,958″

Hiernach ergibt sich aus Krüger's Parallaxe die Masse des Systems zu 2,74 Sonnenmassen.

2944. Dreifaches System. $A = 7{,}0$. Grösse, $B = 7{,}5$. Grösse und $C = 8{,}2$. Grösse. Für die Sterne A und B hat man:

Digitized by Google

1782,75		$p = 244{,}05^0$	W. Herschel.
1802,75		242,12	W. Herschel.
1821,92		244,2	Struve.
1822,90	$d = 4{,}449''$	245,6	John Herschel u. South.
1832,98	4,120	246,95	Struve.
1836,33	4,193	247,75	Struve.

Eine Veränderung in der Stellung ist also kaum oder gar nicht nachweisbar. Anders verhält es sich mit den Sternen *A* und *C*. Der ältere Herschel hat leider weder Messungen des Positionswinkels noch der Distanz geliefert, aber Struve's Messungen allein ergeben schon eine Annahme beider. Der berühmte Beobachter gibt folgende Mittelwerthe:

1822,41	$d = 57{,}12''$	$p = 162{,}22^0$
1828,86	56,46	158,45
1832,83	55,890	157,50
1934,57	55,117	156,77
1836,41	54,930	156,29

V. Classe.

60. Die Beobachtungen dieses Doppelsternes von Struve umfassen 16 Jahre. Nach Mädler ist die jährliche Veränderung Δp des Positionswinkels und der Distanz Δd darstellbar durch:

$$\Delta p = + (49{,}352' + 0{,}49616'\,t)\,t \qquad \Delta d = - 0{,}0969''$$

Epoche 1836,02 — Epoche 1836,52

für $p = 91^0\ 46{,}6'$ — für $d = 9{,}482''$

was mit Dembowski's Messungen gut übereinstimmt.

VI. Classe.

231. Von diesem Doppelsterne besitzt man nur eine Schätzung des ältern Herschel, wonach der Positionswinkel für 1783 235^0 bis 240^0 betrug. Genauere Messungen haben Struve, John Herschel und South geliefert. Hiernach hat man:

1821,00	$d = 16{,}34''$	$p = 225{,}75^0$	Struve.
1822,89	16,173	226,08	John Herschel u. South.
1832,61	15,540	228,92	Struve.

Der Positionswinkel nimmt nach Mädler jährlich um $5{,}670'$ zu, die Distanz um $0{,}03367''$ ab.

1744. Dieser schöne Doppelstern zeigt nur geringe Bewegungsverhältnisse. Folgende Bestimmungen deuten solche indess immerhin an:

Digitized by Google

1830,63 d = 14,368″ p = 147,60 Struve.
1844,26 14,263 147,97 Mädler.

Nach Mädler wächst der Positionswinkel jährlich um 2,124′. G. P. Bond in Cambridge hat zwischen 1857 Mai 29 und August 6 diesen Doppelstern photographirt und folgende Distanzen an den aufgenommenen Bildern gemessen (Astr. Nachr. Nr. 1129):

Dauer der Exposition	Distanz	Wahrscheinlicher Fehler	Zahl der Bilder
13 Secunden	14,31″	0,034	7
16 „	14,19	0,035	7
18 „	14,18	0,033	8
21 „	14,23	0,035	8
25 „	14,15	0,034	7
30 „	14,28	0,034	7
33 „	14,19	0,033	8
36 „	14,20	0,032	10
24,5 Secunden	14,21	0,013	62

Geht man von dem wahrscheinlichen Fehler einer directen Mikrometermessung Struve's aus, welcher ± 0,127″ betrug, so ergibt sich, da der wahrscheinliche Fehler der Distanz für ein einzelnes Bild ± 0,076″ beträgt, dass jeder photographischen Aufnahme ein dreimal grösseres relatives Gewicht zukommt, als einer einzelnen directen Distanzmessung.

1821. Der Positionswinkel nimmt langsam ab, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht.

1783,30 p = 242,32° W. Herschel.
1802,67 240,68 W. Herschel.
1822,62 238,75 John Herschel und South.
1832,50 237,71 Struve.
1855,73 238,06 Dembowski.

Mädler findet die Aenderung des Positionswinkels zu — 4,437′ jährlich.

2758. Die Dorpater Beobachtungen Struve's gaben folgende Distanzen und Positionswinkel:

Digitized by Google

1821,62	$d = 14{,}87''$	$p = 84{,}38^0$
1828,72	15,31	89,4
1831,70	15,632	91,16
1832,77	15,79	92,05
1835,65	15,967	93,83
1836,57	16,080	94,40

Dembowski's Messungen ergaben:

1854,73	$d = 17{,}290''$	$p = 105{,}58^0$
1862,97	18,366	109,50
1869,28	18,909	113,27

Distanz und Positionswinkel nehmen also langsam zu. Mädler sucht dieselben darzustellen durch folgende Formeln:

Epoche 1834,37 $p = 93^0\ 2{,}7' + (41{,}953' - 0{,}10329' t)t$

„ 1833,86 $d = 15{,}841'' + 0{,}05589''$.

Wäre die wahre Bahn dieses Doppelsternes bekannt, so würde sich die Masse des Systems ohne Schwierigkeit berechnen lassen, da die Parallaxe desselben ziemlich genau ermittelt ist. Für jetzt lässt sich nur so viel mit einiger Bestimmtheit sagen, dass die Gesammtmasse dieses Doppelsternes beträchtlich geringer als die Sonnenmasse sein muss.

23. Die Distanz nimmt ziemlich rasch, der Positionswinkel langsamer ab. Struve findet aus seinen Messungen nach der Methode der kleinsten Quadrate die Distanz d für die Epoche t:

$$d = 13{,}303'' - 0{,}104''\ (t - 1832{,}13).$$

296. W. Herschel fand den Positionswinkel:

$$1782{,}64\ p = 290{,}0^0$$

was von Struve's Messungen um $4{,}6^0$ abweicht. Es steht eine Zunahme des Positionswinkels (nach Mädler 5' jährlich) zu vermuthen.

1547. Nur eine geringe Veränderung des Positionswinkels ist bis jetzt nachweisbar.

VII. Classe.

136. Eine Veränderung der Distanz ist mit Sicherheit nicht nachzuweisen. Was den Positionswinkel anbelangt, so hat man dafür folgende Angaben:

1783,59	$p = 85{,}0^0$ W. Herschel.
1821,91	80,42 John Herschel und South.
1823,00	79,98 Struve.
1831,47	78,84 Struve.

Digitized by Google

Nach Mädler würde die Abnahme des Positionswinkels jährlich 3,611′ betragen.

3127. Wie die nachfolgende Zusammenstellung der Beobachtungen dieses Doppelsternes zeigt, nimmt die Distanz rasch ab, während der Positionswinkel wächst.

1781,81	$d = 34{,}22''$	$p = 162{,}47^0$	W. Herschel.
1820,65		172,95	Struve.
1821,37	28,87	172,17	John Herschel u. South.
1821,85	27,84		Struve.
1825,50	26,69	173,55	South.
1829,77	26,11	173,7	Struve.
1831,67	25,630	174,13	Struve.
1832,78	25,375	174,02	Struve.
1835,62	24,978	174,28	Struve.

Dembowski findet:

1863,25	$d = 20{,}502''$	$p = 179{,}39^0$
1869,02	19,585	180,95

Die Abnahme der Distanz findet Struve darstellbar durch:

$$d = 25{,}422'' - 0{,}1766''\ (t - 1833{,}49),$$

während Mädler die Positionswinkel, von der Epoche 1838,71 ausgehend, darstellt durch:

$$p = 174^0\ 10{,}7' + 9{,}249'\,t + 0{,}18587'\,t^2.$$

36. Struve gibt die nachstehende Zusammenstellung der Beobachtungen dieses Doppelsternes:

1783,63	$d = 22{,}48''$	$p = 89{,}4^0$	W. Herschel.
1820,96		82,9	Struve.
1822,22	27,44		Struve.
1823,87	25,87	82,82	John Herschel u. South.
1833,20	27,423	82,35	Struve.

545. W. Herschel fand für diesen Doppelstern:

$$1782{,}68\ d = 16{,}51''\quad p = 64{,}25$$

Mädler gibt folgende Werthe:

$$1839{,}36\ d = 18{,}705''\quad p = 57{,}20$$

1285. Für die Distanzänderung dieses Paares gibt Struve folgende Formel:

$$d = 26{,}410'' - 0{,}282''\ (t - 1830{,}89).$$

1351. Die früheren Messungen sind diese:

Digitized by Google

1781,32	$d = 19{,}43''$	$p = 273{,}23^0$	W. Herschel.
1819,14	21,64	271,50	Struve.
1822,13	27,332	270,55	John Herschel u. South.
1830,61	22,810	272,45	Struve.

Die Distanzangabe von J. Herschel und South ist jedenfalls irrthümlich und wahrscheinlich um $5''$ zu gross.

1636. Die früheren Messungen ergaben:

1782,10	$d = 20{,}15$	$p = 328{,}35^0$	W. Herschel.
1823,20	20,94	339,36	J. Herschel und South.

Mädler findet als jährliche Veränderung des Positionswinkels $+ 6{,}69'$.

1894. W. Herschel gibt für 1782,25 die Distanz zu $18''$ und den Positionswinkel zu $45{,}25^0$ an. John Herschel findet für 1823,27 den Positionswinkel zu $36{,}5^0$. Nach Mädler nimmt dieser Winkel jährlich um $7{,}108'$ ab.

2115. Herschel's Positionswinkel für 1783,18 ist $244{,}95^0$.

2567. Nach W. Herschel's Messungen war der Positionswinkel:

$$1783{,}60\ p = 361{,}4^0.$$

93. Dieser, wegen der Schwäche des Begleiters schwierige, Doppelstern besitzt nur eine geringe Bewegung, die auf eine Umlaufszeit von mehreren Jahrtausenden deutet. Da auch seine Parallaxe nach den Untersuchungen von Peters sehr klein sein muss, so ist die Bestimmung der Masse dieses Binarsystems (0,4 der Sonnenmasse) für jetzt mehr als gewagt.

1132. Der Positionswinkel nimmt langsam ab, wie folgende Messungen zeigen:

1782,80	$p = 246{,}0$	W. Herschel.
1825,03	238,1	J. South.
1825,08	238,55	Struve.
1833,72	237,2	Struve.

VIII. Classe.

90. Veränderungen der Distanz sind bei diesem Doppelsterne bis jetzt nicht nachzuweisen. Man hat folgende Messungen:

1783,13	$d = 29{,}60''$	$p = 85{,}2^0$	W. Herschel.
1821,44		83,15	Struve.
1821,91	32,069	82,67	John Herschel u. South.
1823,40	33,25		Struve.
1833,38	32,836	82,73	Struve.

Digitized by Google

Nach Mädler würde die jährliche Abnahme des Positionswinkels 2,727′ betragen.

Es muss hier zuletzt noch zweier Doppelsterne gedacht werden, die wir gegenwärtig wohl am genauesten kennen, obgleich beide in Struve's grosser und bewundernswürdiger Arbeit nicht vorkommen. Von den beiden glänzenden Binarsystemen α Centauri und α Canis majoris ist das eine in unserer Erdhemisphäre unsichtbar, die Existenz des zweiten aber ward erst 1862 durch directe Beobachtung erwiesen.

Was die Bahnverhältnisse von α Centauri anbelangt, so sind dieselben nach Capitän Jacob's Berechnung:

Umlaufszeit	77 Jahre.
Zeit des Perihels	1851 Juli 2
Perihel vom Knoten	291° 22′
Knoten	86 7
Neigung	47 56
Excentricität	0,950
Halbe grosse Axe	15,5″

Hält man hierzu Henderson's und Maclear's Parallaxe von α Centauri, so ergibt sich die Gesammtmasse dieses Binarsystems = 0,81 Sonnenmassen.

Die Existenz der physischen Verbindung des Sirius mit einem bis dahin noch nicht gesehenen Körper, wurde von Bessel zuerst ausgesprochen; denn schon im Jahre 1844 war er überzeugt, dass Sirius (und Procyon) wahre Doppelsterne seien. Mit Recht erblickte Bessel in der von ihm erkannten Veränderlichkeit der Eigenbewegung des Sirius, das Resultat einer Bewegung nach den Kepler'schen Gesetzen um einen nahe liegenden Schwerpunkt.

Die ersten Vermuthungen über die Veränderlichkeit der eigenen Bewegung gewisser Fixsterne, entstanden bei Bessel in Folge seiner „Neuen Untersuchung der Reductionselemente der Declinationen und Bestimmung der Declinationen der Fundamentalsterne." (Astr. Nachr. Nr. 422.) Damals (1841) fand der berühmte Astronom eine so grosse Uebereinstimmung seiner neueren Beobachtungen mit den früheren Bestimmungen, dass sie nach seinen Erfahrungen nicht grösser erwartet werden konnte. Nur zwei Sterne α Canis minoris und α Aurigae zeigten Abweichungen, jener von — 1,64″, dieser von + 1,15″. Bei diesen Sternen hielt jedoch Bessel die neuere Bestimmung von α Aurigae für weniger sicher, aber die Abweichung des andern erklärte er für „wirklich auffallend, da die Beobachtungen dieses Sternes, sowohl früher als jetzt, hinreichend oft wiederholt sind und genügend erscheinen." Im Jahre 1844 kam Bessel in einer grösseren Abhandlung „Ueber Veränderlichkeit der eigenen Bewegung der Fixsterne" (Astr. Nachr. Nr. 514 bis

Digitized by Google

516) auf die bemerkten Abweichungen zurück. „Die zweite hiesige Bestimmung der Declinationen der Fundamentalsterne (für 1840)," sagt er, „entfernt sich in dem Falle das Procyon so weit von der ersten Bestimmung (für 1820), dass sie, durch Vergleichung mit der aus Bradley's Beobachtungen abgeleiteten Declination für 1755, den Stern 1,64″ nördlicher angibt, als er für 1820 festgesetzt wurde. Eine ähnliche Abweichung von den früheren Bestimmungen für 1815 und 1825, ist in der Rectascension des Sirius seit etwa 1834 dadurch auffallend geworden, dass die aus seinen Beobachtungen hervorgehenden Verbesserungen der Uhrzeit, mit Anfangs seltenen, jetzt ganz fehlenden Ausnahmen, wenn positiv kleiner, wenn negativ grösser sind, als die aus den Beobachtungen anderer Fundamentalsterne abgeleiteten, so dass Sirius, seit 10 Jahren, in grösserer Rectascension erscheint, als die auf der Vergleichung der Bestimmungen für 1755 und 1825 beruhenden Tabulae Regiomontanae ihm anweisen. Der Unterschied ist bis auf fast 5″ oder ein Drittel Zeitsecunde angewachsen. — Ich beabsichtige gegenwärtig, nachzuweisen, dass diese Unterschiede nicht etwa Folgen von Unvollkommenheiten der Bestimmungen, aus welchen sie hervorgehen, sondern in der Veränderlichkeit der Bewegungen der Sterne selbst begründet sind. Ich könnte noch andere ähnliche, wenn auch sich in geringerer Grösse offenbarende Fälle aufzählen; der Nachweisung ihrer Ursache aber kann ich nur in den beiden angeführten Fällen diejenige Unzweideutigkeit geben, welche vorhanden sein muss, ehe man geneigt sein kann, die für die praktische Astronomie so wichtige und für die Erkenntniss der physischen Beschaffenheit des Fixsternsystems so interessante Erscheinung veränderlicher eigener Bewegungen von Fixsternen als in der Natur vorhanden anzunehmen. Ihre Wichtigkeit für die praktische Astronomie erlangt diese Erscheinung, indem es dadurch unstatthaft wird, den Ort eines Sternes für eine unbestimmte Zeit aus seinen für zwei bestimmte Zeiten festgesetzten Oertern zu folgern; wodurch z. B. die bis jetzt für gerechtfertigt gehaltene Uebertragung des Resultats zweier Fundamentalcataloge auf andere Epochen so lange unsicher wird, als man nicht zur Kenntniss der Art der Veränderlichkeit der Bewegungen der darin enthaltenen Sterne gelangt sein wird. Ihr Interesse für die Erkenntniss der physischen Beschaffenheit des Fixsternsystems erlangt sie, indem sie auf die Annahme zurückweist, dass Sterne, deren veränderliche Bewegungen bemerkbar werden, Theile von Systemen sind, welche, vergleichsweise mit den grossen Entfernungen der Sterne von einander, auf kleine Räume beschränkt sind." Bessel geht nun zur Aufstellung und Discussion der Differentialgleichungen der Bewegungen sowohl des Sternes als der Sonne über und kommt auf diese Weise zu dem Resultate, dass ein Stern nur dann eine, hundertjähriger Beobachtung merklich werdende Veränderlichkeit der eigenen Bewegung eines andern Sternes hervorbringen kann, wenn entweder

1. seine Masse im Verhältniss zur Sonnenmasse sehr gross, oder

Digitized by Google

2. seine Entfernung von dem zweiten Sterne im Vergleich zu der, einer Parallaxe von 1″ entsprechenden Distanz, sehr klein, oder endlich

3. seine Entfernung von der Sonne sehr gering ist.

Bessel bemerkt, dass eine merkliche Veränderlichkeit der eigenen Bewegung auch

4. aus dem Zusammenwirken der vorhandenen unzähligen Sterne hervorgehen könne.

Der Königsberger Astronom weist nun leicht die sub 1. angeführte Möglichkeit als nicht thatsächlich zurück. „Wenn nämlich die merkliche Veränderlichkeit die Wirkung der Anziehung einer sehr grossen, aber nicht in einer sehr kleinen Entfernung befindlichen Masse wäre, so würde sie sich während geraumer Zeit nahe in gleicher Richtung und Grösse äussern, indem die, diese bestimmende gegenseitige Stellung der Masse des Sterns und der Sonne, sich selbst in so langer Zeit nicht erheblich ändert; sie würde sich also bis zu beträchtlicher Grösse anhäufen, und die anfangs vorhandene scheinbare Bewegung des Sternes im Laufe der Zeit beträchtlich verändern. Die kleinen Bewegungen der Sterne, die wir sehen, würden also mit der Voraussetzung ihrer in kurzer Zeit merklich werdenden Veränderlichkeit, nur unter der Annahme vereinbar sein: dass diese Veränderlichkeit die früher gross gewesenen eigenen Bewegungen in gerade jetzt kleine verwandelt habe, so wie später wieder in grosse entgegengesetzte verwandeln werde. Diese Annahme ist schon für einen Stern sehr wenig wahrscheinlich; die Wahrscheinlichkeit ihrer gleichzeitigen Richtigkeit für verschiedene Sterne, kann als verschwindend betrachtet werden. Aber abgesehen von der dieser Annahme fehlenden Wahrscheinlichkeit, berechtigen auch die ältesten Beobachtungen der Oerter der Fixsterne zu ihrer Zurückweisung. Wenn nämlich die Rectascension des Sirius im Jahre 1843 um 5″ grösser ist, als sie aus der Vergleichung seiner Rectascensionen für 1755 und 1825, unter vorausgesetzter unveränderlicher eigener Bewegung hervorgeht, und wenn dieser Unterschied durch die von der Annahme bedingte beständige Veränderlichkeit der eigenen Bewegung erklärt werden soll, so beträgt diese jährlich + 0,006314″, und ihr Einfluss auf die vor 2000 Jahren bestimmte Rectascension des Sternes etwa viertehalb Grad, welche Grösse weit ausserhalb der Unsicherheit des Hipparch'schen Verzeichnisses liegt." — Derselbe Grund, der hier gegen die erste Erklärungsart einer in kurzer Zeit merklich werdenden Veränderung der eigenen Bewegung eines Sternes geltend gemacht wurde, trifft auch die vierte. „Es bleiben also nur die zweite und dritte Erklärungsart übrig, d. h. der anziehende Körper muss entweder dem Sterne, welcher die merkliche Veränderung zeigt, oder der Sonne sehr nahe sein. Da aber ein anziehender Körper von beträchtlicher Masse in sehr kleiner Entfernung von der Sonne sich in den Bewegungen des Planetensystems nicht verrathen hat, so wird man auf seine sehr kleine Entfernung von dem Sterne, als auf die einzig statthafte Erklärung der im Laufe eines Jahrhunderts merklich werdenden

Digitized by Google

Veränderung der eigenen Bewegung des letzteren zurückgewiesen. Der Stern, der diese Veränderung zeigt, ist also ein Theil eines, auf einen kleinen Raum beschränkten Systems; die Veränderung kehrt periodisch wieder, wie die Bewegungen des letztern, und ihre periodische Wiederkehr ist nothwendig, um sie mit dem Fehlen in das Unbestimmte fortgehender Anhäufung ihres Einflusses vereinbar zu machen. — Wenn das System als Doppelstern bekannt ist, so kann die Beobachtung einer Veränderlichkeit der Bewegung eines seiner Bestandtheile nicht überraschen, indem ihr Vorhandensein und ihre Wiederkehr in der Periode der Umlaufsbewegung beider Bestandtheile um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt nothwendig sind. Wenn sie dagegen an einem einfach erscheinenden Stern bemerkt wird, so führt sie auf die Annahme, dass er der einzig sichtbare der Theile eines kleinen Systems ist; auf eine Annahme, deren Statthaftigkeit nur bestritten werden könnte, wenn Grund vorhanden wäre, die Eigenschaft des Leuchtens für eine wesentliche der Masse zu halten. Dass zahllose Sterne sichtbar sind, beweist offenbar Nichts gegen das Dasein zahlloser unsichtbarer. Dass der berühmte Tychonische Stern in der Cassiopeja unsichtbar vorhanden ist, ist nicht zweifelhaft."

Bessel geht nun zuerst zu einer genauen Discussion sämmtlicher vorhandenen Declinationsbestimmungen von α Canis minoris über und zeigt, dass die Königsberger Bestimmungen von 1838 und 1844 um $+ 2{,}11''$ und resp. $3{,}81''$ von den berechneten abweichen. Er findet hierdurch die Veränderlichkeit der eigenen Bewegung des Procyon in Declination so sicher bewiesen, als etwas durch Beobachtungen auf der Königsberger Sternwarte überhaupt bewiesen werden kann. Eine weitere Untersuchung von 10 Declinationsverzeichnissen, aus denen 8 Sterne herausgezogen wurden, deren Declinationen im Mittel sehr nahe gleich derjenigen des Procyon sind, bestätigte diesen Schluss. Denn es ergab sich, dass das Fortschreiten der Unterschiede zwischen der Declination des Procyon und den Declinationen der 8 verglichenen Sterne, von 1820 an zu offenbar, und die Genauigkeit jeder der Zahlen, unter welchen es stattfindet, zu gut verbürgt ist, als dass seine Erklärung durch zufällige Fehler der Verzeichnisse statthaft erscheinen könnte. „Ich nehme also," fährt Bessel fort, „als ein unzweifelhaftes Resultat der Beobachtung an, dass die Voraussetzung der Unveränderlichkeit der Declinationsbewegung des Procyon, beziehungsweise zu den acht verglichenen Sternen, unrichtig ist." Ueber die Art der Veränderlichkeit der Bewegung fand Bessel in den vorhandenen Beobachtungen nur eine Andeutung, nämlich durch die Bestimmungen Piazzi's für das Jahr 1800. Betrachtet man diese Angabe als genügend, so erkennt man darin, dass der Unterschied zwischen der Annahme der unveränderlichen Bewegung und der Wirklichkeit zwischen 1755 und 1820 ein Maximum gehabt hat, dass Procyon durch den nördlichsten Theil seiner Bahn am Himmel gegangen ist, während er jetzt (1844) wieder darauf zugeht." Auch eine Vergleichung

Digitized by Google

verschiedener anderer Angaben Piazzi's, über die Declinationen der Fundamentalsterne, fand Bessel nicht geeignet, Verdacht gegen die Andeutung einer kurzen Periode der Bewegung des Procyon zu erregen, doch müsse die Zeit die Art der Veränderlichkeit der Bewegung erst weit vollständiger entwickeln, ehe sie berechtigen könne, die Erlangung ihrer näheren Kenntniss zu versuchen. —

Die Rectascension des Sirius hatte zwischen den aus den Bradley'schen Beobachtungen (für 1755) und den Königsberger Bestimmungen (von 1825) berechneten Oertern und den späteren Beobachtungen stets eine gute Uebereinstimmung gezeigt. Allein gegen 1834 fing Bessel an, wie bereits oben hervorgehoben wurde, einen Fehler der berechneten Rectascension des Sirius in den Uhrcorrectionen zu bemerken. Die später vorgenommene Untersuchung ergab, dass man die berechnete Rectascension für 1735 um 0,188' vergrössern müsse, um sie mit den von 1833 bis 1836 von Busch in Königsberg angestellten Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen. Diese Untersuchung ging von den Rectascensionen der Sterne β und α Orionis und α Canis minoris aus, die deshalb von Bessel zur Vergleichung gewählt wurden, weil sie unter den Fundamentalsternen dem Sirius am nächsten sind und auch auf allen Sternwarten häufig beobachtet zu werden pflegen. Im Jahre 1843 fand Bessel die Abweichung noch grösser, sie fand sich im Mittel aus seinen Beobachtungen und denjenigen von Busch zu 0,318', hatte sich also in 8 Jahren um mehr als ein Achtel Zeitsecunde vergrössert. Um ein möglichst einwurfsfreies Urtheil zu gewinnen, untersuchte Bessel zehn unabhängig von einander dastehende Verzeichnisse von Rectascensionen der Fundamentalsterne und kam hierbei zu dem Ergebnisse, dass sie sämmtlich den Widerspruch gegen die Annahme einer Unveränderlichkeit der Eigenbewegung des Sirius verstärken. „Ich setze also," sagt Bessel, „der aus den Beobachtungen der Declination des Procyon gezogenen Folgerung, die zweite ähnliche hinzu, dass die Voraussetzung der Unveränderlichkeit der Rectascensionsbewegung des Sirius, beziehungsweise zu den Sternen β, α Orionis und α Canis minoris, mit den Beobachtungen unvereinbar ist." Was die Art der Veränderlichkeit der relativen Bewegung des Sirius anbelangt, so bemerkt Bessel, dass zwar schon der blosse Anblick der Zusammenstellung der Beobachtungen mit der Annahme unveränderlicher eigener Bewegung, hinreichend erkennen lasse, dass die Unterschiede zwischen beiden, so wie auch ihr Maximum, durch eine Periode von etwa einem halben Jahrhundert erklärt werden können, doch müsse jeder Versuch zu ihrer näheren Kenntniss zu gelangen, so lange unterbleiben, bis fernere Beobachtungen die Erscheinung selbst beträchtlich vollständiger entwickelt haben werden. „Die Astronomie," so schliesst Bessel seine wichtige Abhandlung, „gewinnt erst durch neue Resultate, wenn deren Unzweideutigkeit vollständig vertreten werden kann; nicht das frühzeitige Errathen derselben, sondern die Erwerbung der Grundlagen ihrer genügenden Kenntniss, muss Gegenstand der Bemühungen sein."

Digitized by Google

Die Untersuchungen, welche auf Struve's Veranlassung Fuss in Pulkowa ein Jahr nach Bessel's Tode angestellt (Struve, Études d'Astr. stell. pag. 47), haben allerdings die Ansicht der Königsberger Astronomen nicht bestätigt, wohl aber die späteren und umfassenden Arbeiten von Peters. (Ueber die eigene Bewegung des Sirius, Königsberg 1851). Nach der letzten Verbesserung, welche dieser hochberühmte Astronom an seinen Rechnungen angebracht, hat man für die Siriusbahn:

Durchgang durch die untere Abside . .	1791,413
Mittlere jährliche Bewegung	7,1865°
Umlaufszeit	50,096 Jahre
Excentricität	0,7994

Am 31. Januar 1862 gelang es Clark, mit dem grossen Refractor der Sternwarte zu Cambridge (in N. A.), den Begleiter des Sirius direct zu beobachten. (A. N. Nr. 1353). Die Position stimmte in genügender Weise mit dem Ergebnisse der Peters'schen Rechnung überein. Kurz vor dieser Entdeckung hatte Auwers eine neue Untersuchung der veränderlichen Eigenbewegung des Sirius, begründet auf die beobachteten Declinationen, begonnen. Diese Arbeit wurde nun von demselben Astronomen in grösserer Ausdehnung fortgesetzt; indem auch die Rectascensionen hinzugezogen und alle von 1750 bis 1864 zwischen Sirius und den Sternen Rigel, α Orionis und α Canis min. an Meridianinstrumenten beobachteten Rectascensionsdifferenzen benutzt wurden. Es ergab sich aus dieser erschöpfenden Untersuchung, dass der von Clark zuerst gesehene, in etwa 10″ Distanz vom Sirius stehende, kleine Begleiter in der That mit dem dunklen Körper identisch ist, dessen Existenz zuerst von Bessel behauptet wurde.

Die definitiven Elemente der Siriusbahn nach Auwers sind:

Umlaufszeit	49,399 Jahre.
Zeit des Perihels	1843,275
Perihel vom Knoten	18° 54,5′
Knoten	61 57,8
Neigung	47 8,7
Excentricität	0,6148
Halbe grosse Axe	2,3307″

Nimmt man, nach Gyldén's Berechnung der Maclear'schen Beobachtungen, die Parallaxe des Sirius zu 0,193″ an, so erhält man mit Auwers:

Masse des Sirius 13,76 Sonnenmassen.

Masse des Begleiters 6,71 Sonnenmassen.

Mittlere Distanz beider Körper von einander: 37 Sonnenweiten = 740 Millionen Meilen. (Auwers, Unters. über veränd. Eigenbewegungen, 2. Theil 1868.)

In Bezug auf die Helligkeit verhält sich Sirius zu seinem Begleiter

Digitized by Google

fast wie 1 zu 500 (A. N. Nr. 1368); ein neuer Beweis zu der Behauptung, dass Glanz und Masse unter den Fixsternen, in keiner nachweisbaren Beziehung zu einander stehen.

Ueber die Bahn des Procyon ist ebenfalls eine neue und umfassende Untersuchung von Auwers angestellt worden (A. N. Nr. 1371 bis 1373). Sie rechtfertigte vollkommen die Resultate, zu welchen Bessel bereits gelangt war, und die auch Mädler 1851 bestätigt gefunden hatte, als er die Rectascensionen dieses Sternes untersuchte. Auwers hat die Bahnbestimmung des Procyon ausschliesslich auf Rectascensionsbestimmungen, hauptsächlich von Greenwich, Königsberg, Cambridge und Oxford, gegründet und die Declinationen nur zu einem Vergleiche mit den durch die Bahnelemente gegebenen Oertern benutzt, wobei sich eine durchaus befriedigende Uebereinstimmung ergab. Als definitive Elemente (für eine Kreisbahn) findet Auwers:

Epoche des Minimums in AR.	= 1795,5676;	wahrsch. Fehler:	± 0,4457 J.
Umlaufszeit	39,972 Jahre,	„ „	0,4043
Jährliche Bewegung . . .	9,00634°	„ „	0,09110°
Radius der Bahn	1,0525″		0,0275″.

Um für die Masse des unsichtbaren Begleiters des Procyon eine untere Grenze angeben zu können, versuchte Auwers aus einer, allerdings nicht ursprünglich in der Absicht einer Parallaxenbestimmung begonnenen, Beobachtungsreihe am Königsberger Heliometer, einen Näherungswerth für die Parallaxe von α Canis minoris abzuleiten. Es ergab sich $\pi = 0{,}123''$ wahrscheinlicher Fehler $\pm$ 0,033″. Mit dieser Zahl findet sich aus den obigen Elementen die Masse des dunkeln Körpers grösser als 0,4 Sonnenmasse. Eine spätere genauere Untersuchung ergab (A. N. Nr. 1415), dass aus den genannten Messungen bloss im Allgemeinen abgeleitet werden kann, dass die Parallaxe des Procyon merklich ist und wahrscheinlich zwischen 0,15″ und 0,35″ liegt.

Die Veränderlichkeit der eigenen Bewegungen von β Orionis, α Hydrae und α Virginis, welche Schubert und Peirce nachweisen zu können glaubten (Gould's Astr. Journ. I.), ist von Auwers nicht bestätigt gefunden worden. Sonach reduciren sich unsere Kenntnisse veränderlicher Eigenbewegungen auf die beiden Fälle, welche Bessel in seinen letzten Lebensjahren nachgewiesen hat.

Digitized by Google

Sternhaufen.

Der Uebergang von den Doppel- und mehrfachen Sternen zu den eigentlich sogenannten Sternhaufen oder Sternschwärmen, ist ein plötzlicher, ohne vermittelnde Glieder, wenigstens nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft. Es ist gar keinem Zweifel unterworfen, dass die Sternschwärme ihrer Natur nach eine wesentlich andere Stellung im Universum einnehmen, als die mehrfachen Sterne. Gründe der Analogie und philosophische Schlüsse führten schon früh dazu, diese merkwürdigen, in mächtigen Teleskopen nicht selten den prachtvollsten Anblick darbietenden Gebilde, unserm Fixsternsysteme als ebenbürtig an die Seite zu stellen; aber in einem Werke, welches den gegenwärtigen Zustand unseres empirischen Wissens darstellen soll, darf bei solchen Reflexionen, in diesem Capitel nur vorübergehend verweilt werden. Herschel hat in der letzten Abhandlung (von 1818), welche von ihm bekannt geworden ist, sich zwar eingehend über die Distanzen einer beträchtlichen Anzahl von Sternhaufen und deren Stellung im Raume verbreitet; allein die Principien, von denen er ausging, sind, wie in dem Capitel über den Bau der Milchstrasse und des Himmels erörtert werden wird, nicht correct und die gefundenen Distanzen beträchtlich zu gross. Inzwischen möge das Wichtigste aus der (neunten) Abhandlung Herschel's von 1818 hier Platz finden, da diese Arbeiten der Geschichte der Wissenschaft angehören.

Indem er von der Entfernung der kugeligen und anderer Sternhaufen spricht, sagt Herschel:

„Wenn man Beobachtungen anstellt, um die Entfernung eines Sternhaufens zu bestimmen, so ist erforderlich, dass man die aichende Kraft bemerkt, welche eben hinreicht, um einige Sterne im Teleskope zu erkennen, das man anwendet. Ist der Sternhaufen von kugeliger Gestalt, aber nicht isolirt, so werden die Sterne, welche zu ihm gehören, sich leicht von denen unterscheiden lassen, die um ihn herum oder über ihn her zerstreut sind. In Sternhaufen von anderer Bauart wird die Zusammen-

Digitized by Google

drängung oder die scheinbare Grösse der Sterne, den Beobachter leiten. Es gilt hier die Bemerkung, dass weder die Helligkeit noch der Durchmesser des Sternhaufens, dessen Entfernung bestimmt werden soll, in Betracht kommt. — Beim Aufzeichnen der Untersuchungen über himmlische Gegenstände, habe ich mich oft des Ausdruckes auflöslich oder leicht auflöslich bedient, wenn ich aus ihrem Ansehen nicht entscheiden konnte, ob sie in die Classe der eigentlich sogenannten Nebel gehören, oder ob sie nicht aus einer Ansammlung von Sternen beständen, die in so grosser Entfernung waren, dass man sie nicht deutlich erkennen konnte. Aber es ist augenscheinlich, dass die Entfernung eines Sternhaufens nicht bestimmt werden kann, so lange es zweifelhaft ist, ob ein solcher Gegenstand aus Sternen besteht; und dass demnach die Kraft eines Teleskopes, worin nur eben erst Sterne wahrgenommen werden können, die aichende Kraft sein muss, durch welche ihre Tiefe im Raume bestimmt wird; oder die erste Wahrnehmbarkeit bestimmt die aichende Kraft." Im fernern Verfolge seiner Abhandlung, gibt Herschel eine Methode an, wie die Lage der Sternhaufen im Raume durch ein körperliches Modell dargestellt werden kann, und wobei die Ebene der Milchstrasse die Fundamentalebene bildet. Die folgende Tafel ist das Resultat der Herschel'schen Untersuchungen. In derselben bezeichnet die Columne *a* die Classe und Nummer der Sternhaufen nach Herschel's Cataloge und dem Verzeichnisse in der Connaissance des Temps 1784. Die Columne *b* enthält die Distanz der Sternhaufen vom Auge im Mittelpunkte, ausgedrückt in Sternweiten oder mittleren Abständen der Sterne 1. Grösse. Diese Zahlen sind übrigens alle beträchtlich zu gross, wie im vorletzten Abschnitte des gegenwärtigen Werkes nachgewiesen ist. Die dritte Columne *c* gibt den Elevationswinkel der Sternhaufen über der Ebene der Milchstrasse; die vierte *d* das Azimuth in dem betreffenden Quadranten von Süd oder Nord gezählt. Die fünfte Spalte *e* enthält den Gesichtspunkt oder die Stellung, in welcher sich das Auge eines Beobachters befinden muss, wenn mit Hülfe eines Himmelsglobus die Tiefe eines in der von Herschel gezeichneten Figur bezeichneten Haufens untersucht werden soll.

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*
VI. 7	734	76° 58′ N	31°43′ SO	58°17′ SW
9	734	73 25 N	87 2 SO	2 58 SW
10	734	14 11 N	48 42 SO	41 18 SW
11	734	8 35 N	55 10 SO	34 50 SW
12	466	6 26 N	54 30 SO	35 30 SW
17	600	2 52 N	63 49 NW	36 11 SW
20	734	87 39 S	10 57 NW	79 3 SW
26	900	0 5 S	35 38 NW	54 22 SW
35	900	0 27 N	1 55 NO	88 5 SO
38	900	4 31 S	77 5 NO	12 55 SO
41	900	32 55 N	16 9 NO	73 51 SO
63	900	59 47 N	10 23 NO	79 37 SO
C. des Temps 1	980	40 42 S	61 24 NW	28 36 SW
2	243	35 29 S	68 17 NO	21 43 SO
3	243	78 29 N	84 38 NO	0 22 SO
4	344	14 31 N	47 41 SO	42 19 SW
5	243	45 36 N	59 37 SO	30 33 SW
9	344	9 35 N	62 19 SO	27 41 SW
10	243	22 11 N	71 28 SO	18 32 SW
11	144	3 10 S	84 21 SO	5 39 SW
12	186	25 26 N	71 57 SO	18 3 SW
13	243	41 19 N	65 31 NO	24 29 SO
14	900	14 6 N	77 48 SO	12 12 SW
15	243	26 38 S	57 3 NO	32 57 SO
19	344	7 56 N	53 51 SO	36 9 SW
22	344	8 45 S	67 2 SO	22 58 SW
30	344	47 26 S	86 5 SO	3 55 SW
33	344	29 25 S	10 37 NW	79 23 SW
34	144	13 48 S	20 33 NW	69 27 SW
35	144	3 13 N	63 58 NW	26 2 SW
53	243	77 58 N	28 6 SO	61 54 SW
55	400	24 19 S	66 30 SO	23 30 SW
56	344	8 59 N	60 43 NO	29 17 SO
57	950	16 51 N	61 28 NO	28 32 SO
62	734	5 54 N	50 29 SO	39 31 SW
67	144	31 44 N	83 4 SW	6 56 SO
68	344	34 19 N	3 1 SW	86 59 SO
69	734	11 35 S	59 6 SO	30 54 SO
71	243	4 10 S	66 6 NO	23 54 SO
72	243	32 58 S	6 40 NO	3 20 SO
74	243	43 53 S	15 28 NW	74 32 SW
75	734	26 29 S	78 9 SO	11 51 SW
77	910	50 32 S	47 36 NW	42 24 SW
79	344	29 25 S	76 47 SW	13 13 SO
80	134	18 41 N	48 39 SO	41 21 SW
92	243	35 33 N	55 50 NO	34 10 SO
97	980	58 52 N	26 5 NW	63 55 SW

Digitized by Google

Was die Vertheilung der Sternhaufen an der Himmelssphäre anbelangt, so liegen dieselben im Allgemeinen weniger vereinzelt, sondern zeigen sich lagerweise in der Nähe der Milchstrasse. Der grösste, auf verhältnissmässig engem Raume zusammengedrängte, Reichthum, findet sich, nach den Untersuchungen von Sir John Herschel, am südlichen Himmel, in 16^h 45^m bis 19^h Rectascension, zwischen der südlichen Krone, dem Schützen, dem Schwanze des Scorpions und dem Altare. Wenn sich das Maximum der Nebelflecke um 13^h herum am Himmel gruppirt, so fällt dagegen das Maximum der Sternhaufen weder mit dieser Richtung zusammen, noch senkrecht darauf, sondern steht lateral in der Richtung von 19^h.

In dem Cataloge des ältern Herschel finden sich 197 Sternhaufen in drei Classen aufgeführt. Diese Zahl ist einestheils durch die Beobachtungen von Sir John Herschel am Cap, anderntheils aber durch die, unter Anwendung von mächtigeren optischen Hülfsmitteln gelungene Zerlegung einzelner Herschel'scher Nebelflecke in Sternschwärme, gegenwärtig beträchtlich vermehrt worden.

William Herschel hat in seiner (siebenten) Abhandlung von 1814 sich ausführlich über die Sternhaufen und ihre Bildungsweise verbreitet. Nach ihm zeigt sich das Bestreben der Sterne: Haufen zu bilden, am deutlichsten in äusserst sternreichen Gegenden, aber dort sind die Sternhaufen meist von unregelmässiger Gestalt und Ansammlung. „Die Sternhaufen," fährt der grosse Beobachter fort, „welche sich in und nahe der Milchstrasse befinden, kann man ansehen als ebenso viele Stücke einer grossen Masse, überwältigt und gegeneinander gezogen von der haufenbildenden Kraft, deren Dasein sie eben beweisen." Diese und die im weitern Verlaufe seiner Abhandlung von Herschel entwickelten Anschauungen, welche stets die Entstehungsgeschichte jener Gebilde illustriren sollen, sind im Allgemeinen einander widersprechend und von nur untergeordneter Bedeutung. Ungleich grössern Werth besitzt die detaillirtere Untersuchung, die trigonometrische Aufnahme der ausgezeichnetern Sternhaufen, welche man dem Fleisse und Talente einzelner neuerer Beobachter verdankt. Die hin und wieder gegebenen allgemeinen Zeichnungen, besonders gedrängter Sternhaufen, bieten dem denkenden Geiste ein hohes Interesse dar, speciell wissenschaftlichen Werth haben sie nicht.

Schon in den Jahren 1836 und 1837 fasste Lamont die Untersuchung der Sternhaufen (und Nebelflecke) von der richtigen, wissenschaftlichen Seite auf, indem er versuchte, dieselben genauer und mehr in das Detail eingehend, zu bestimmen und aufzuzeichnen. Dieser Arbeit verdankt die Wissenschaft u. A. die trigonometrische Aufnahme des grossen Sternhaufens im Perseus (AR. 2^h $9{,}3^m$, NP. D. 33^0 $30'$ f. 1860). Derselbe besteht aus etwa 100 Sternen von der 8. Grösse bis herab zu den kleinsten Lichtpunkten, welche in dem achtzehnfüssigen Fernrohre der Sternwarte bei München noch sichtbar sind. Der Sternhaufen im Sobieski'schen Schilde (AR. 18^h $43{,}6^m$, NP. D. 96^0 $26'$ für 1860) ist ebenfalls von

Digitized by Google

Lamont genau vermessen worden. Die Zeichnung dieses Astronomen stellt, in einer Ausdehnung von etwa 4 Minuten im Quadrate, 128 Sterne dar. Leider hat Lamont später die Arbeit wieder aufgegeben. „Der Erfolg," sagt er, „war wenig bedeutend, denn die Arbeit ist ungemein weitläufig und schwierig und würde, wenn Erspriessliches geleistet werden soll, auf einen langen Zeitraum die ganze Thätigkeit einer Sternwarte in Anspruch nehmen. Bei Vermessung eines Sternhaufens gehört schon länger fortgesetzte Beobachtung dazu, um sich nur in dieser zahllosen Menge von kleinen Lichtpünktchen gehörig zu orientiren; die Messung der Winkel erfordert auch vielen Zeitaufwand. Was die ganz dichten Sternhaufen betrifft, so fand ich es absolut unmöglich, bestimmte Anhaltspunkte zu merken und wiederzuerkennen" (Lamont Astronomie, S. 135).

Die Messungen des Sternhaufens h Persei (AR 2^h 12,7^m NP. D. 33° 33′ f. 1860), welche Professor Krüger in den Jahren 1860 und 1862 ausgeführt, sind vergleichbar den Bestimmungen Bessel's für die Plejaden, indem dort wie hier durch Heliometermessungen möglichst genaue Positionen erstrebt wurden. Durch die Messungen von Prof. Krüger sind die Positionen von 43 der vorzüglichsten Sterne des Haufens bestimmt und ist eine genaue Karte des letztern construirt worden (Abhandlungen der Finnischen Societät d. Wissenschaften 1866).

Die genaue Vermessung des dritten der grossen Sternhaufen im Perseus (AR 2^h 33,0^m, NP. D. 47° 49′ für 1860), hat O. A. L. Pihl, hauptsächlich in den Jahren 1862 bis 1866, ausgeführt. Diese Arbeit ist um so anerkennenswerther, als sie, trotz beschränkter Hülfsmittel, eine grosse Genauigkeit der Resultate bietet. Mit Zugrundelegung der gemessenen Positionen von 85 Sternen, hat O. Pihl in einer Karte des Sternhaufens noch weitere 32 Sterne des betreffenden Haufens bis zur 10,5. Grösse, nach sorgfältigen Ocularschätzungen eingetragen, d. h. alle diejenigen, welche in dem angewandten Fernrohre von $3^1/_4$″ Oeffnung, unter den günstigsten Umständen noch sichtbar waren (Pihl, Micrometric Examination of Stellar Cluster in Perseus, Christiania 1869).

Der Zukunft bleibt, bezüglich der individuellen Untersuchung einzelner Sternhaufen sowohl, als rücksichtlich ihrer Stellung im Universum, speciell zu den Nebelflecken, noch ein weites Feld offen. Gegenwärtig ist eine scharfe Grenze zwischen Sternhaufen und Nebelflecken bei einer allgemeinen Darstellung des Zustandes unserer Kenntnisse von denselben, nicht wohl zu ziehen, obgleich allerdings durch die Spectralanalyse die Existenz wirklicher Nebelmassen in den Himmelsräumen nachgewiesen und damit die Behauptung Derjenigen widerlegt ist, welche in den Nebelflecken nur sehr entfernte Sternhaufen erblicken wollten.

Digitized by Google

Die Nebelflecke.

Die Kenntniss der Nebelflecke, der seltsamsten und nur in mächtigen Teleskopen wahrnehmbaren Gebilde des Weltenraumes, ist noch sehr jungen Datums, ja, erst in den letzten Jahren hat die Spectralanalyse begonnen, uns ausser der allgemeinen Gestaltung und Positionsbestimmung jener Gebilde, auch sichere Aufschlüsse über die individuelle, physische Natur derselben zu verschaffen. Abgesehen von den fünf nebeligen Sternen im Almagest des Ptolemäus, die weiter nichts sind als, sehr grob zerstreute, schon in den allerschwächsten Fernrohren auflösbare, Sternhaufen; findet sich die erste Erwähnung wirklicher Nebelflecke, um die Mitte des zehnten Jahrhunderts bei dem arabischen Astronomen Abdurrahman Sufi aus dem persischen Irak. Er gedenkt des „weissen Ochsen", tief unter dem Sterne Canopus glänzend, und bezeichnet damit zweifellos jenes wundersam zusammengesetzte Gebilde, das heute den Namen die grosse magelhanische Wolke führt.

Nach Erfindung des Fernrohres entdeckte Simon Marius am 15. December 1612 den, übrigens schon einem scharfen, unbewaffneten Auge sichtbaren, Nebelfleck bei ν der Andromeda. (Marius, Mundus jovialis. Norimb. 1614.) Er vergleicht sein Licht sehr charakteristisch mit dem hellen Scheine einer Lampe, die durch eine Scheibe von Horn gesehen wird. Simon Marius fand es merkwürdig, dass Tycho, der alle Sterne im Gürtel der Andromeda aufgezählt habe, dieses Nebelsternes nicht gedenke, und lässt die Frage unentschieden, ob jener Stern vielleicht seitdem neu entstanden sei. Inzwischen fühlte sich der Hof-Mathematiker des Markgrafen von Culmbach nicht veranlasst, nach weiteren Nebelflecken zu suchen, sonst würde er wohl bei einiger Aufmerksamkeit auch den grossen Nebel im Orion, das merkwürdigste Gebilde dieser Art welches in unserer Hemisphäre sichtbar ist, gefunden haben. Die erste Erwähnung dieses grossen und überaus unregelmässigen Nebelflecks, findet sich viel-

Digitized by Google

mehr bei Johann Baptist Cysat, der als Nachfolger Scheiner's eine Zeitlang den Lehrstuhl der Mathematik zu Ingolstadt inne hatte. In seiner Beschreibung des zweiten Kometen von 1618 (Cysat. Math. astron. de loco Cometae 1818. Wolf, J. B. Cysat v. Luzern. Bern 1853) weist er, um die Auflösung des Kometenkerns im December 1618 zu charakterisiren, auf die, gleichsam wie auf einer weissen Wolke lagernde, Sterngruppe im Schwerte des Orion hin und bezeichnet damit deutlich genug diesen grossen Nebel, der seltsamer Weise der Wahrnehmung Galilei's und des so fleissig beobachtenden Hevel entgangen ist. Die allgemeine Aufmerksamkeit wandte sich indess diesem wundersamen Gebilde erst zu, nachdem Huygens dasselbe, ohne von einer frühern Erwähnung desselben zu wissen, als eigene Entdeckung beschrieb. „Im Schwerte des Orion," sagt dieser grosse Forscher, „werden von den Astronomen drei Sterne aufgezählt, die sehr nahe an einander liegen. Als ich nun zufällig im Jahre 1656 den mittlern dieser Sterne durch mein Fernrohr betrachtete, zeigten sich mir statt eines einzelnen Sternes zwölf, was (bei Fernrohren) allerdings nichts Seltenes ist. Von diesen waren drei fast einander berührend, und andere vier leuchteten wie durch einen Nebel: sodass der Raum um sie her viel heller erschien als der übrige Himmel. Dieser war gerade sehr heiter und zeigte sich ganz schwarz; es war daher die Erscheinung, als gebe es hier eine Oeffnung, eine Unterbrechung. Alles dies sah ich bis auf den heutigen Tag mehrmals und in derselben Gestalt unverändert: also, dass dies Wunderwesen, was es auch sein möge, dort seinen Sitz wahrscheinlich für immer hat. Etwas Aehnliches habe ich bei den übrigen Fixsternen nie gesehen." (Hugenii Opera varia. Lugd. Bat. 1724 p. 540.) Einige wenige Nebelflecke des südlichen Himmels beobachtete zuerst Edmund Halley 1677, bei seinem Aufenthalte auf der Insel Helena. Hevel's Sterncatalog enthält 14 Nebulosae, von denen indess nur zwei — der grosse Nebel in der Andromeda und die Krippe im Krebs — mit jetzt bekannten nebulösen Gegenständen sich identificiren lassen. Derham's Verzeichniss (Phil. Transact. 1733) enthält ausser den 6 Nebeln aus Halley's Verzeichnisse (Phil. Transact. 1716) 16 Nebel, die in Hevel's Sterncatalog sich befinden sollen. Nach den Untersuchungen von Dr. G. Schultz finden sich hier indessen nur 13 jener Gegenstände, von den drei übrigen aber kommen 2 in Halley's Sterncatalog vor (und sind nicht in Halley's Verzeichnisse in der Phil. Transact. von 1716 enthalten) während der dritte von Hevel nicht als Nebulosa angegeben wird. Da Derham die von ihm aufgeführten Nebel nicht alle selbst beobachtete und Hevel die Nebulosae seines Sterncatalogs vielleicht nie teleskopisch betrachtete (oder doch bloss so beschrieb wie sie sich dem blossen Auge darstellen), so ist es keineswegs auffallend, in Derham's Verzeichnisse wirklichen Nebeln (oder Sternhaufen) nicht zu begegnen. Fast 20 Jahre später, in den Jahren 1750 bis 1752, beobachtete der fleissige Lacaille die Nebelflecke der südlichen Hemisphäre und unterschied zuerst mehrere Classen derselben. Sein Ca-

Digitized by Google

talog enthält 42 Nummern von Nebelgebilden, die ohne Ausnahme schon in schwachen Fernrohren sichtbar und zum grossen Theile auch in Sterne auflösbar sind; er umfasst drei Classen von je 14 Objecten, nämlich: 1. Sternhaufen und aufgelöste Nebel, 2. Sterne mit Nebel verbunden und 3. Nebel ohne Sterne. Damals war die nördliche Hemisphäre bezüglich ihres Gehalts an Nebelflecken noch so gut wie unbekannt, denn ausser den grossen Nebeln im Orion und der Andromeda waren bis dahin nördlich vom Aequator nur wenige Nebel aufgefunden worden, so der Nebel im Schützen durch Abraham Ihle 1665, der Nebel im Hercules durch Halley 1714, der Nebel zwischen dem Kopfe des Pegasus und des Füllens 1746 von Maraldi, der kleine runde Nebel einige Minuten vor dem in der Andromeda am 29. October 1749 von Legentil. Später wandte Méchain seine Aufmerksamkeit auch den Nebelflecken zu und beschrieb 19 Gebilde dieser Art, die freilich alle schon in Fernrohren mittlern Ranges sichtbar sind. Allein erst Messier widmete dem Gegenstande eine grössere und gebührendere Thätigkeit. Das Verzeichniss der von ihm mit 3- und $3^1/_2$-füssigen Refractoren, auf dem Observatoire de la Marine in der Rue des Mathurins zu Paris, beobachteten Nebelflecke und Sternhaufen, enthält 103 Objecte. Scheidet man hiervon aus: die von Lacaille, Méchain und Anderen beobachteten, sowie die dem blossen Auge sichtbaren Gebilde, so bleiben 61 Objecte übrig, deren Auffindung dem Fleisse Messier's zu verdanken ist. Die nachstehende tabellarische Zusammenstellung enthält die Angaben Messier's über diese Nebel. Allerdings haben die Charakterisirungen des berühmten Kometenentdeckers, infolge der späteren Arbeiten William Herschel's, ihre Wichtigkeit verloren; allein die Wiedergabe dieses Theiles von Messier's Catalog erscheint in gegenwärtigem Werke gerechtfertigt, weil er eine richtige Würdigung der unmittelbar darauf folgenden Arbeiten des genialen William Herschel gestattet.

Digitized by Google

Catalog der von Messier entdeckten Nebelflecke und Sternhaufen.

Nr.	Datum der Auffindung	Rectascension	Declination	Bemerkungen
	1764			
3	Mai 3	202°51′19″	+ 29°32′57″	3′Durchmesser. Sternlos, rund, der Mittelpunkt glänzend. Leicht sichtbar.
5	„ 23	226 39 4	+ 2 57 16	Schöner Nebel ohne Sterne, 3′ Durchm.
8	„ 23	267 29 30	24 21 10	Sternhaufen 30′ Durchmesser.
9	„ 28	256 20 36	18 13 26	Nebel ohne Sterne, lichtschwach.
10	„ 29	251 11 6	3 42 18	„ „ „ rund, „
12	„ 30	248 43 10	2 30 28	„ „ „ „ „
14	Juni 1	261 18 29	3 5 45	„ „ „ lichtschwach u. klein.
16	„ 2	271 15 3	13 51 44	Haufen kleiner Sterne mit schwachem Lichte vermischt.
17	„ 3	271 45 48	16 14 44	Lichtstreifen ohne Sterne 5′ bis 6′ lang in Gestalt einer Spindel, ungefähr wie der in der Andromeda, aber sehr lichtschwach. Zwei teleskopische Sterne sind dabei, parallel mit dem Aequator.
18	„ 3	271 34 3	17 13 14	Haufen kleiner Sterne mit leichtem Nebel umgeben.
19	„ 5	252 1 45	25 54 46	Nebel ohne Sterne, 3′ Durchmesser.
20	„ 5	267 4 5	22 59 10	Sternhaufen.
21	„ 5	267 31 35	22 31 25	„ Sterne 8. bis 9. Grösse von Nebel umgeben.
23	„ 20	265 42 50	18 45 55	Sternhaufen 15′ Durchmesser.
24	„ 20	270 26 0	18 26 0	Grosser Sternhaufen in der Milchstrasse.
25	„ 20	274 25 0	19 5 0	Haufen kleiner Sterne.
26	„ 20	278 5 25	9 38 14	„ „ „ „ schwierig.
27	Juli 12	297 21 41	+ 22 4 0	Nebel ohne Sterne, oval.
28	„ 27	272 29 30	24 57 11	„ „ „ rund, schwer zu sehen.
30	August 3	321 46 18	24 19 4	„ „ „ „ „ „
33	„ 25	20 9 17	+ 29 32 25	„ „ „ fast gleichförmig dicht.
34	„ 25	36 51 37	41 39 32	Haufen kleiner Sterne.
35	„ 30	88 40 9	+ 24 33 30	„ sehr „ „
36	Septbr. 2	80 11 42	+ 34 8 6	„ „ „ „ ohne Nebel
37	„ 2	84 15 12	+ 32 11 51	Haufen kleiner Sterne mit etwas Nebel vermischt.
38	„ 25	78 10 12	+ 36 11 51	Haufen kleiner Sterne ohne Nebel, 15′ Durchmesser.
39	Octbr. 24	320 57 10	+ 47 25 0	Sternhaufen, 1° Durchmesser.
	1765			
41	Januar 16	98 58 12	20 33 0	Sternhaufen, über dem Sirius.
	1769			
43	März 4	81 3 0	5 26 37	Stern von Nebel umgeben.
	1771			
46	Febr. 19	112 47 43	14 19 7	Haufen sehr kleiner Sterne mit etwas Nebel.
47	„ 19	116 3 58	14 50 8	Sternhaufen ohne Nebel
48	„ 19	120 36 0	9 16 42	Haufen sehr kleiner Sterne ohne Nebel.
49	„ 19	184 26 58	+ 9 16 9	Nebel bei ϱ virginis, schwierig zu sehen.
	1772			
50	April 5	102 57 28	7 57 42	Haufen kleiner Sterne.

Digitized by Google

Nr.	Datum der Auffindung	Rectascension	Declination	Bemerkungen
	1774			
51	Januar 11	200° 5′48″	+ 48°24′24″	Nebel ohne Sterne. Ein Stern 8. Gr. ist dabei. Er ist doppelt, jeder hat ein glänzendes Centrum und 4′35″ Durchmesser. Die beiden Atmosphären berühren sich. Die eine ist schwächer als die andere.
52	Septbr. 7	348 39 27	+ 60 22 12	Haufen sehr kleiner Sterne mit Nebel gemischt.
53	Febr. 26	195 30 26	+ 19 22 44	Nebel ohne Sterne.
	1778			
54	Juli 24	280 12 55	30 44 1	Sehr schwacher Nebel ohne Sterne mit glänzendem Centrum.
	1779			
56	Januar 23	287 0 1	+ 29 48 14	Nebel ohne Sterne, bei ihm ein Stern 10. Grösse.
58	April 15	186 37 23	+ 13 2 42	Sehr schwacher Nebel.
59	„ 15	187 41 38	+ 12 52 36	„ „ „
60	„ 15	188 6 53	+ 12 46 2	„ „ „ etwas heller als die beiden vorhergehenden.
61	Mai 11	182 41 5	+ 5 42 5	Sehr schwacher Nebel.
62	Juni 4	251 48 24	29 45 30	Schöner Nebel, der Mittelpunkt glänzend, von schwachem Lichte umgeben. Er gleicht einem kleinen Kometen.
	1780			
64	März 1	191 27 38	+ 22 52 31	Schwacher Nebel.
65	„ 1	166 50 54	+ 14 16 8	Sehr schwacher Nebel ohne Sterne.
66	„ 1	167 11 39	+ 14 12 21	„ „ „
67	April 6	129 6 57	+ 12 36 38	Haufen kleiner Sterne, mit Nebel.
68	„ 9	186 54 33	25 30 20	Sehr schwacher Nebel ohne Sterne.
70	August 31	277 13 16	32 31 7	Nebel ohne Sterne.
73	Octbr. 4	311 43 4	13 28 40	Haufen von 3 oder 4 kleinen Sternen, gleicht auf den ersten Blick einem Nebel, hat etwas Nebelichtes in sich.
	1781			
84	März 18	183 30 21	+ 14 7 1	Nebel ohne Sterne, der Mittelpunkt glänzend umgeben mit leichtem Nebel.
86	„ 18	183 46 21	+ 14 9 52	Nebel ohne Sterne.
87	„ 18	184 57 6	+ 13 38 1	„ „ „
88	„ 18	185 15 49	+ 15 37 51	„ „ „ sehr lichtschwach.
89	„ 18	186 9 36	+ 13 46 49	„ „ „ ausserordentlich lichtschwach.
90	„ 18	186 27 0	+ 14 22 50	Nebel ohne Sterne, ausserordentlich lichtschwach.
91	„ 18	186 37 0	14 57 6	Nebel ohne Sterne, noch schwächer als der vorhergehende.
92	„ 18	257 38 3	+ 43 21 59	Nebel glänzend, ohne Stern. Der Mittelpunkt ist hell und glänzend, umgeben mit Nebellicht und gleicht dem Kern eines grossen Kometen.
93	„ 20	113 48 35	23 19 45	Haufen kleiner Sterne ohne Nebel, 8′ Durchmesser.
101	„ 27	208 52 4	+ 55 24 25	Nebel ohne Sterne, sehr düster, 6′ bis 7′ Durchmesser.

Digitized by Google

Die Geschichte der Nebelbeobachtungen vor Herschel zusammenfassend, sagt Dr. G. Schultz: „Es ist wahrscheinlich, dass Halley der Erste gewesen, der sich etwas mehr für diese Beobachtungen interessirte, und dass, der Uebrigen nicht zu gedenken, seine nächsten Nachfolger auf diesem Felde, Derham (der wenigstens 5 der Nebel in Halley's Catalog beobachtet), Chéseaux und Legentil waren. Von eigentlichen Beobachtungsreihen von Nebeln ist übrigens vor Lacaille gar nicht zu sprechen, wenn auch die Beobachtungen von Chéseaux eine schwache Ausnahme davon machen sollten. Es ist indess unzweideutig, dass das durch die Entdeckung des Orion-Nebels und durch Bulliaud's Neuentdeckung des Andromeda-Nebels endlich erwachende wissenschaftliche Interesse für die Nebel nicht mehr ganz verschwand, dass es aber von dieser Zeit an ohne grössere Unterbrechung sich stets entwickelt habe. Ohne Frage wäre es also ganz berechtigt, den Anfang der Geschichte des Nebelstudiums von der Entdeckung des Orion-Nebels zu rechnen, obgleich man zugeben muss, dass alle Nebelbeobachtungen vor W. Herschel, eine sehr geringe wissenschaftliche Bedeutung haben.

„Das eigentliche Nebelstudium, wenn man es so nennen will, war vor Lacaille fast ausschliesslich auf die beiden letztgenannten grossen Nebel beschränkt, bei welchen man grosse Veränderungen in Lichtstärke und Gestalt wahrzunehmen glaubte. Hinsichtlich des Andromeda-Nebels schien diese Vermuthung von der eigenthümlichen Entdeckungsgeschichte desselben bestätigt zu werden. Ohne hier weiter darauf einzugehen, will ich als Gegenstück dazu nur auf Folgendes aufmerksam machen. In Argelander's Uranometrie sind 19 nebulöse Gegenstände angegeben, von welchen nur 3 in den Nebelcatalogen nicht vorkommen. Während der ganzen vorteleskopischen Zeit sind nur die zwei Sterngruppen im Perseus (als ein Gegenstand) und Praesepe von Hipparch und später noch der Andromeda-Nebel entdeckt worden — von Hipparch bis Huygens also ausser dem Nebel in der Andromeda kein neuer; und Hipparch's (und Ulug Beigh's) Nebel im Perseus erst viel später wiedererwähnt. Das kann als Beweis dafür dienen, wie wenig der Umstand, dass z. B. Hipparch und Tycho den Andromeda-Nebel nicht beobachtet haben, eine Berechtigung gab, auf die wahrscheinliche Veränderlichkeit desselben zu schliessen." (Astr. Nachr. Nr. 1585.)

Herschel's Beobachtungen der Nebelflecke reichen bis zum Jahre 1779 herauf, wo er die Tiefen des Himmels mittels eines siebenfüssigen Reflectors durchforschte. Im Jahre 1784 legte er der königl. Gesellschaft zu London seine erste Abhandlung über den Bau des Himmels vor, in welcher er näher auf die Nebelflecke eingeht; weitere Abhandlungen, von Catalogen begleitet, folgten in den Jahren 1785, 1786, 1791, 1802, 1811 und 1814. In diesem langen Zeitraume hat der grosse Beobachter unter dem Einflusse einer längern Beschäftigung mit dem Gegenstande sowohl als vervollkommneter Teleskope, seine Ansichten mehrfach verändert. Ich gebe hier eine chronologische Zusammenstellung der hauptsächlichsten

Digitized by Google

Ausführungen Herschel's über die Nebelflecke, und die damit zusammenhängenden Gebilde.

1784. „Da ich zu meinen gegenwärtigen Absichten mein Teleskop als ein festes Instrument gebrauchen musste, so fand ich nicht für rathsam, dasselbe auf irgend einen andern, von den in der Connaissance des temps angegebenen Nebelflecken zu richten, als auf solche, die der Reihe nach zum Vorschein kamen. Auch brauchte ich mich in der That nicht sonderlich mit ihrer Aufsuchung zu bemühen, weil es schlechterdings unmöglich war, dass auch nur irgend einer derselben meiner Wahrnehmung entgehen könne, wenn er das Gesichtsfeld meines Teleskops durchlief. Die Wenigen, die ich bereits Gelegenheit gehabt zu untersuchen, zeigen deutlich, dass die vortrefflichen französischen Astronomen Messier und Méchain nur den lichtern Theil ihrer Nebelflecke erblickten, während der schwächere Ueberrest aus Mangel an Licht ihrer Wahrnehmung entging. — Als ich die gegenwärtige Beobachtungsreihe begann, vermuthete ich, dass verschiedene Nebelflecke wegen ihrer Lichtschwäche bis jetzt noch nicht aufgefunden sein möchten, und überliess mich der Hoffnung, zu dem Cataloge Messier's eine schätzbare Zugabe zu liefern. Der Erfolg hat klar bewiesen, dass meine Erwartungen wohl begründet waren; denn ich habe bereits 466 neue Nebelflecke und Sternhaufen gefunden, von denen keiner bis dahin von irgend Jemand beobachtet worden war. —

„Ein sehr merkwürdiger Umstand bei den Nebelflecken und Sternhaufen ist der, dass sie in Schichten geordnet sind, die in grosser Erstreckung fortzulaufen scheinen. Einige von ihnen bin ich schon im Stande gewesen so weit zu verfolgen, dass meine Muthmaassungen über ihre Gestalt und Richtung ziemlich gegründet sein dürften. Es ist wohl wahrscheinlich, dass sie die ganze scheinbare Sphäre des Himmels umgeben mögen, nicht ungleich der Milchstrasse, die ohne Zweifel nichts anderes als eine Schicht von Fixsternen ist. Und so wie dieses letzte unermessliche Sternlager nicht allenthalben von gleicher Breite und Klarheit ist, noch in einer geraden Richtung fortläuft, sondern gekrümmt und ein beträchtliches Stück hindurch sogar in zwei Strömungen getheilt ist; so lässt sich in gleicher Weise die grösste Mannigfaltigkeit in den Schichten der Sternhaufen und Nebelflecken erwarten. Eins von diesen Nebellagern ist so reichhaltig, dass, da ich nur einen Abschnitt desselben in der kurzen Zeit von 36 Minuten durchging, ich nicht weniger als 31 Nebelflecke entdeckte, auf einem schönen blauen Himmel alle deutlich sichtbar. Ihre Lage und Gestalt sowohl als Beschaffenheit, scheint alle nur erdenkliche Mannigfaltigkeit anzuzeigen. In einer andern Schicht oder vielleicht in einem andern Arme der erstern, sah ich doppelte und dreifache Nebelflecken in mannigfaltiger Anordnung; grosse mit kleinen, die Begleiter zu sein scheinen; schmale, aber sehr ausgedehnte lichte Nebelflecken, oder glänzende Tüpfel, einige von der Gestalt eines Fächers, der aus einem lichten Punkte, gleich einem elektrischen Büschel, herauskommt; andere von kometenartigem Aussehen, mit einem anscheinenden Stern im

Digitized by Google

Mittelpunkte; oder gleich wolkigen Sternen, umringt von einer nebligen Atmosphäre; eine andere Gattung wiederum enthielt einen Nebel von der milchigen Art, gleich jener wundersamen, unerklärlichen Erscheinung um den Stern θ des Orion; indess wiederum andere mit einer Art von matterem, gefleckten Lichte schimmern, welches ihre Auflösbarkeit in Sterne verräth. —

„Meine letzteren Beobachtungen über die Nebelflecke ergaben bald, dass sich dieselben im Allgemeinen viel mehr in gewissen bestimmten Richtungen zeigen als in anderen; dass die ihnen vorangehenden Regionen meistens gänzlich ihrer Sterne beraubt waren, so dass oft mehrere Gesichtsfelder sich ohne einen einzigen Stern zeigten; dass die Nebelflecke gemeinhin einige Zeit nachher unter Sternen von einer gewissen beträchtlichen Grösse und nur selten zwischen sehr kleinen Sternen erschienen; dass, wenn ich zu einem Nebelfleck kam, meistens noch mehrere in der Nachbarschaft sich vorfanden, und darauf eine ziemliche Zeit verging, ehe ich auf ein anderes Lager traf.

„Ehe ich diese Abhandlung beschliesse, will ich auf gutes Glück noch einige Bemerkungen über die Richtung einzelner Hauptschichten beifügen. Der sehr bekannte, dem blossen Auge sichtbare, Nebelfleck im Krebse, gehört wahrscheinlich zu einer gewissen Schicht, in welcher er die uns nächste Stelle einnimmt. Ich nenne diese Schicht die Schicht des Krebses. Sie erstreckt sich von ε des Krebses südwärts über den Nebelfleck Nr. 67 (des Messier'schen Catalogs), welches ein sehr schöner und dicht gedrängter Sternhaufen ist. Von diesem Nebelfleck geht die Schicht des Krebses gegen den Kopf der Wasserschlange hin, weiter aber als bis zum Aequator habe ich noch nicht Zeit gehabt ihr nachzuspüren.

„Eine andere Schicht, die dem Sonnensysteme vielleicht am nächsten liegt, ist die Schicht der Locken der Berenice, wie ich sie nennen will. Ich vermuthe, dass das Haar der Berenice selbst einer von den in derselben befindlichen Sternhaufen ist und nur wegen seiner grossen Nähe so grob zerstreut erscheint. Es hat manche Hauptnebelflecke sehr nahe bei sich und diese Schicht läuft wahrscheinlich eine beträchtliche Strecke weit fort. Sie mag vielleicht in einem Kreise um den ganzen Himmel gehen, obwohl vermuthlich nicht in einem grössten Kreise der Kugel." —

In der zweiten Abhandlung von 1785 versucht Herschel eine Theorie der Bildung der Nebel aufzustellen. Er hält alle Nebelflecke für sehr entfernte Sternhaufen und sucht die ersten Ursachen für das Zustandekommen der Sternhaufen in der verschiedenen Masse der einzelnen Sterne, wodurch in gewissen Fällen ein beträchtlich grosser Stern andere kleinere an sich ziehen und auf diese Weise nach und nach einen kugelförmigen Haufen bilden soll. Auch die unregelmässigen Gestalten der Sternhaufen sucht Herschel durch die Attraction gewisser grösserer oder besonders günstig gruppirter Sterne zu erklären. Den Einwurf, dass auf dem auseinandergesetzten Wege schliesslich ein allgemeiner Zusammensturz des Fixsternhimmels eintreten müsse, sucht Herschel auf eine ziemlich vage

Digitized by Google

Weise zu widerlegen, und bemerkt schliesslich, die Sternhaufen möchten wohl die Laboratorien des Weltalls sein, worin die kräftigsten Gegenmittel wider den Verfall des Ganzen bereitet würden. In einem besonderen Capitel, über den „Ursprung der Nebelschichten", behauptet Herschel, dass die Sternschicht (der Nebel, wie er sie nennt), welche wir bewohnen, weniger Merkmale eines hohen Alterthums zeige als die übrigen. Man müsse sich, um diesen Gedanken zu verdeutlichen, erinnern, dass die Verdichtung der Sternhaufen einer allmäligen Annäherung zugeschrieben werde, so dass es nicht wunderbar erscheinen könne, wenn er ein gewisses Aussehen von Jugend und Stärke manchen Regionen zuschreibe, über welche die Sterne regelmässig ausgestreut sind. „Zudem," fährt Herschel fort, „gibt es einige Stellen in unserer Fixsternschicht, von denen man den grössten Grund hat, zu glauben, dass die Sterne — wenn man nach dem Anscheine urtheilen sollte — im Begriffe sind, sich gegen mancherlei Neben-Mittelpunkte hinzuziehen und so mit der Zeit sich in verschiedene Haufen absondern und viele Unterabtheilungen veranlassen werden. Hiernach lässt sich vermuthen, dass, wenn eine Nebelschicht hauptsächlich aus kugelförmigen und mehr oder weniger regelmässigen Nebelflecken besteht, dieselben ihren Ursprung wahrscheinlich dem Verfalle — wenn ich's so nennen mag — eines grossen zusammengesetzten, unregelmässigen Nebels verdanken, ebenso wie die nach langer Zeit darin entstandenen Unterabtheilungen verursacht haben, dass alle aus ihr entsprungenen kleinen Nebelflecke in einer gewissen Ordnung und so liegen, wie sie sich von der Hauptschicht abgesondert haben. In analoger Weise ist es leicht möglich, dass nach unzähligen Zeitaltern unser Fixsternsystem sich so zertheilen kann, dass daraus eine Schicht von zweihundert bis dreihundert Nebelflecken entstehe; denn es würde leicht sein, manche Stellen anzugeben, wo die Sterne bereits anfangen sich in Haufen zu sammeln."

Nachdem Herschel nun eine Anzahl von sehr zusammengesetzten Nebeln aufgezählt hat, kommt er zu einer Classe von Nebelflecken, die er planetarische (Scheiben-) Nebel nennt und deren ersten (bei γ im Wassermanne) er am 7. September 1782 auffand. Nach Aufzählung und Charakterisirung von 8 Objecten dieser Art, verbreitet er sich näher über die Natur dieser Gegenstände. „Wenn es nicht zu gewagt wäre," sagt Herschel, „den Gedanken von einer Erneuerung in den Laboratorien des Weltalls weiter zu verfolgen, so würde ich behaupten, die Sterne, welche jene merkwürdigen Nebel bilden, wären durch Verfall oder eine Zerrüttung der Natur nicht mehr zu ihrer vorigen Bestimmung tüchtig, und ständen, nachdem sie ihre Wurfkräfte einer in des andern Atmosphäre eingebüsst, im Begriffe, zuletzt zusammenzustürzen und entweder in allmäligem Fortschritte oder durch einen allgemeinen, furchtbaren Zusammenstoss, sich zu einem neuen Körper zu vereinigen."

1789. — „Die einfachste Form, in welcher wir ein Sternsystem ansehen können, ist die Kugelgestalt; sie ist zugleich diejenige, welche in der Wirklichkeit am häufigsten vorkommt."

Digitized by Google

Herschel entwickelt nun drei Gesetze der Bildung der Sternhaufen. Das erste derselben drückt es aus, dass die Sterne, welche in einer Gruppe angehäuft sind, beinahe von gleicher Grösse sind. Das zweite Gesetz behauptet, dass die runden Sternhaufen mehr gegen den Mittelpunkt als gegen die Oberfläche hin verdichtet sind. Das dritte Gesetz lautet: „Es gibt andere Sternhaufen, die Sterne von gleicher Grösse enthalten, deren Zusammendrängung aber verschieden von der vorhin bezeichneten ist."

1791. In dieser Abhandlung signalisirt Herschel seine Entdeckungen von 17 Nebelsternen und kommt dadurch auf die Vorstellung eines leuchtenden Nebels, während er bis jetzt allen Nebel als eine Ansammlung sehr weit entfernter Sterne betrachtete. „Welches Feld neuer Ansichten," so fährt er fort, „öffnet sich unseren Begriffen! Ein leuchtendes Fluidum, dessen Glanz uns noch von den Regionen der Sterne 8. bis 9. Grösse erreicht, und zwar in einer Winkelausdehnung von 3, ja 6 Minuten. — Vielleicht war unsere Vermuthung zu rasch, dass aller milchiger Nebel, der sich am Himmel zeigt, einzig dem Lichte vereinigter Sterne zuzuschreiben sei. — Wenn das Lichtfluidum nicht so wesentlich mit den Nebelsternen verbunden ist, dass es ohne diese nicht existiren kann — wofür genügende Wahrscheinlichkeit spricht und was nachher untersucht werden soll, — so können wir mit grosser Leichtigkeit die sehr ausgedehnte, teleskopische Milchstrasse erklären, welche über mehr als 60 Grad am Himmel verbreitet ist um das Sternbild des Orion herum, indem eine leuchtende Materie viel besser davon Rechenschaft gibt, als in weite Entfernung gestellte Sternhaufen."

„Ich habe oben behauptet, dass bei Nebelsternen das leuchtende Fluidum nicht so wesentlich mit dem Centralsterne verbunden sei, dass es nicht ohne denselben existirend gedacht werden könnte. Für diese Ansicht lassen sich mehrere Gründe anführen. Einer davon ist die grosse Aehnlichkeit der Nebelhüllen der Nebelsterne mit den bereits erwähnten grossen Nebeln, wodurch es höchst wahrscheinlich wird, dass beide von gleicher Beschaffenheit sind. Auch kann man mit voller Zuversicht behaupten, dass das Licht der Nebelhüllen kein reflectirtes ist, da dieses aus solchen Distanzen uns nicht mehr erreichen könnte. Ueberdies, wie undurchdringlich würde eine Atmosphäre sein, deren Dichtigkeit hinlänglich wäre, eine grosse Menge Licht zu reflectiren. Und dennoch zeigen die Beobachtungen, dass die äussersten Theile der Nebelhüllen nahezu ebenso hell sind, als die dicht am Stern befindlichen, so dass die angenommene Atmosphäre dem Durchgange der Strahlen des Sternes kein Hinderniss entgegensetzen würde. Ist daher dieser Stoff selbstleuchtend, so erscheint es viel angemessener, einen Stern aus seiner Verdichtung hervorgehen zu lassen, als seine Existenz von einem Sterne abhängig zu machen. — Die Beschaffenheit der planetarischen Nebel lässt sich nun auch hinlänglich befriedigend erklären, indem der gleichförmige und sehr beträchtliche Glanz ihrer Scheiben auf merkwürdig leichte Weise mit einem sehr verdünnten leuchtenden Fluidum zu vereinigen ist. — Die Vermuthung

Digitized by Google

einer Wiedergeburt der Sterne mittels planetarischer Nebel, die ich in einer frühern Abhandlung äusserte, wird nun wahrscheinlicher, indem die gesammte leuchtende Materie, welche in einem derselben enthalten ist, in einem Körper von der Grösse eines Sternes vereinigt, nahezu dieselbe Lichtmenge wie der planetarische Nebel geben wird. Die Ansicht ist ferner hinreichend bestätigt durch die Entdeckung eines gut begrenzten hellen Punktes, der einem Sterne gleicht und sich im Centrum eines planetarischen Nebels befindet. — Ist der Punkt ein sich bildender Stern, so kann die fernere Anhäufung der schon sehr verdichteten, leuchtenden Materie, ihn in der Folge der Zeit zur Vollendung bringen."

1802. — „Diese sonderbaren Gegenstände (die Nebel), welche wegen ihrer grossen Entfernung nur durch Instrumente von grosser, raumdurchdringender Kraft gesehen werden können, lassen sich sämmtlich in drei Classen auflösen. Sich zu Haufen neigende Sterne werden in hinlänglicher Entfernung das Aussehen eines Nebels von irgend einer Gestalt annehmen. Sterngruppen werden auch bei grosser Entfernung das Aussehen von neblichten Flecken gewinnen, und wirkliche Sternhaufen werden gleichfalls bei grosser Entfernung als runde, stufenweise gegen die Mitte verdichtete Nebel erscheinen. Bei dieser Gelegenheit muss ich bemerken, dass Nebel diejenigen Gegenstände sind, welche man mit Instrumenten von grosser raumdurchdringender Kraft, wie mein vierzigfüssiges Teleskop ist, in der grössten Entfernung wahrnehmen kann. — Die Erscheinung des milchigen Nebels ist gewiss höchst interessanter Art. Wahrscheinlich ist er von zweierlei Gattung. Die eine entsteht aus weit verbreiteten Regionen eng verbundener Sternanhäufungen, die mit einander zusammenhängen. Solche Sternvereine bilden auch unsere Milchstrasse. Die andere im Gegentheile ist reell und wahrscheinlich nicht sehr weit von uns entfernt. Die Veränderungen, die ich im milchigen Theile des Orionnebels vor 23 Jahren wahrgenommen habe und die auch von anderen Astronomen bemerkt worden sind, erlauben es nicht, dass wir die Ursache dieser Erscheinungen ungemessen entfernten Regionen der Fixsterne zuschreiben." —

1811. — „Man konnte wohl annehmen, Nebel seien nichts anderes als Sternhaufen, unkenntlich wegen ihrer sehr grossen Entfernung; aber eine längere Erfahrung und genauere Bekanntschaft mit der Natur der Nebel erlaubt nicht mehr, dieses Princip allgemein aufzustellen, obgleich ohne Zweifel ein Sternhaufen Nebelgestalt annehmen kann, falls er so weit entfernt ist, dass wir die Sterne nicht mehr unterscheiden können, aus denen er besteht. Durchdrungen von dem Gedanken, eigentliche Nebel seien Sternhaufen, nannte ich das Nebellicht, aus dem sie bestanden, wenn es ein gewisses Aussehen hatte, auflöslich; wenn bei Verstärkung des Lichtes, anstatt dass eine Auflösung der Nebel in Sterne erfolgte, vielmehr sich ergab, dass dieses Nebelige nicht verschieden war von dem, was ich das Milchige nannte, gab ich diesen Begriff als irrig auf. Demzufolge nannte ich solche Nebel, von denen ich später vermuthete, sie beständen aus Sternen, oder

Digitized by Google

in welchen ich einige Sterne erkannte, leicht auflöslich. Aber auch dieser Begriff muss nun mit Vorsicht behandelt werden, denn ein Gegenstand kann zugleich Sterne und Nebel enthalten, der nicht aus Sternen zusammengesetzt ist."

Herschel unterscheidet nun die Nebelgebilde in eine ganze Reihe von Classen, „um die grösstmögliche stufenweise Verwandtschaft zwischen den Gegenständen der aufeinander folgenden Classen darzulegen," und gibt Schilderungen der einzelnen Nebel, welche in die verschiedenen Classen gehören.

Seine Aufzählung beginnt mit den ausgedehnten, verbreiteten Nebeln, die man meist nur dann wahrzunehmen vermag, wenn die Luft vollkommen klar ist und der, mit mächtigen Teleskopen ausgerüstete, Beobachter vorher lange genug sich im Dunkeln aufhielt, und das Auge sich gänzlich vom Eindrucke vorherigen Lichtes erholt hat. In einer Tafel gibt Herschel eine Zusammenstellung der genäherten Oerter und des geschätzten Flächeninhalts von 52 Nebeln dieser Art. Die Ortsangaben gelten für 1800 und beziehen sich auf den Mittelpunkt eines Parallelogrammes, dessen Raum der Nebel ausfüllt.

Tafel ausgedehnter, verbreiteter Nebel.

Nr.	Rectascension	Poldistanz	Areal	Bemerkungen
1	0h 5m 2s	81° 7′	3,3°	Sehr überzogen.
2	0 12 31	85 34	7,7	„ „
3	0 17 17	61 24	1,8	Ueberzogen.
4	0 20 31	86 34	3,6	Sehr überzogen.
5	0 25 5	67 8	1,2	„ „
6	0 31 22	90 4	0,7	Schien mit sehr schwachem Nebel überzogen.
7	0 32 54	49 23	4,7	Ueberzogen.
8	0 34 21	51 17	3,6	Ungleich überzogen.
9	0 36 13	47 3	8,6	Spuren schwachen Nebels.
10	0 43 32	46 58	1,4	„ „ „
11	1 35 32	60 42	1,3	Spuren einer Trübung durch milchigen Nebel.
12	2 22 19	71 27	1,2	Sehr überzogen.
13	3 56 14	65 6	1,7	„ „
14	4 17 21	55 7	2,8	Spuren sehr starken Nebels.
15	4 18 21	55 6	5,0	Spuren von Nebel.
16	4 21 35	97 4	1,1	Starker milchiger Nebel.
17	4 23 14	69 23	1,3	Sehr überzogen.
18	4 38 17	69 23	1,3	„ „

Digitized by Google

Nr.	Rectascension	Poldistanz	Areal	Bemerkungen
19	4h 46m 17s	63° 25′	4,4°	Starke Spuren eines sehr schwachen Milchnebels.
20	5 9 44	65 6	3,4	Sehr stark überzogen.
21	5 13 14	65 6	1,7	Ueberzogen.
22	5 23 59	97 1	6,3	„ mit milchigem Nebel.
23	5 25 16	92 48	1,3	„
24	5 27 2	94 73	4,6	Sichtbarer und ungleich heller Nebel. Ich bin fest überzeugt, hier ist Verbindung mit dem grossen Orionnebel.
25	5 30 40	92 35	7,0	Zerstreuter Milchnebel.
26	5 31 58	97 1	4,9	Sehr starke Spur von Nebel.
27	5 38 5	88 55	2,9	Ueberzogen mit milchigem Nebel.
28	5 55 55	86 17	1,3	Sehr überzogen.
29	5 56 36	110 28	5,0	Ueberzogen.
30	6 38 7	48 39	1,3	„
31	9 22 56	108 3	1,2	„
32	9 27 19	18 21	1,6	Sehr bezogen mit sehr schwachem weisslichen Nebel.
33	10 6 56	98 33	9,1	Sehr schwacher weisslicher Nebel.
34	10 16 1	37 58	1,7	Sehr überzogen.
35	10 34 29	26 44	1,6	Ueberzogen mit sehr schwachem Nebel.
36	10 58 24	26 44	2,3	Ueberzogen.
37	11 56 59	58 50	2,0	Ueberzogen mit weisslichem Nebel.
38	12 7 34	58 50	2,0	Ueberzogen mit weisslichem Nebel.
39	13 7 33	55 20	1,0	Sehr überzogen.
40	13 58 0	55 20	1,6	Sehr stark bezogen. Spuren vieler schwacher Nebel.
41	15 5 7	70 40	4,7	Ueberzogen mit sehr zartem Nebel.
42	20 58 20	92 17	4,1	Sehr überzogen mit weisslichem Nebel.
43	20 48 50	73 38	1,4	Zum guten Theil überzogen.
44	20 51 4	46 51	2,8	Zarter milchiger Nebel, zerstreuter, an einigen Stellen sehr hell.
45	20 52 28	91 57	0,8	Sehr überzogen mit weisslichem Nebel.
46	20 53 31	47 7	3,7	Spuren von Nebel, verbunden mit sehr dunklen verbreitetem Nebel.
47	21 0 26	76 3	2,0	Ueberzogen.
48	21 29 27	80 8	1,1	Sehr überzogen.
49	21 42 16	68 57	1,2	Ueberzogen.
50	22 52 36	64 47	1,3	Sehr überzogen.
51	22 23 6	64 47	1,9	Ueberzogen.
52	22 55 29	64 15	1,2	Etwas überzogen.

Digitized by Google

„Die Berechnung ergibt nach der Tafel 151,7 Quadratgrade Oberfläche; dabei muss man bedenken, dass dies doch nicht die wahre Ausdehnung, weder im Parallel noch Aequator, sein mag; zudem ist dies bloss die Angabe der Fläche, die Tiefe oder dritte Dimension mag noch jenseits der Macht unserer Teleskope reichen; nimmt man damit das zusammen, was in dem vorhergehenden Abschnitte gesagt worden, so ist augenscheinlich, dass die Menge nebeligen Stoffs, verbreitet durch den ausgespannten Himmel, die Begriffe des Menschen überschreitet. Unter nebeligem Stoffe (nebeliger Materie) aber verstehe ich das Wesen oder vielmehr die Wesen, welche Licht von sich geben, was auch ihre innere Beschaffenheit sein möge oder was immer für andere Kräfte ihnen noch inwohnen. Eine zweite ebenso wichtige Bemerkung ergibt sich aus der Betrachtung des Nebeligen selbst. Die Bemerkungen der Tafel zeigen, dass die äusserste Zartheit dabei vorherrschend ist; dies macht es wahrscheinlich, dass unsere besten Werkzeuge noch nicht so weit in die Tiefe des Himmels reichen, um noch entferntere Ausgiessungen desselben zu gewahren. Nr. 44 der Tafel gibt uns das Beispiel einer zarten milchigen Nebeligkeit, welche, obgleich sehr hell in einigen Stellen, doch wegen der Schwäche an anderen Stellen völlig verschwand. Nr. 46 bestätigt diese Bemerkung. Auch die Sterne, welche über die Milchstrasse zerstreut und meist sehr klein sind, zeigen sich in einem Glanze, mit welchem die Düsterheit des hellsten Nebels sich auf keine Weise vergleichen lässt. Eine Folge davon ist die Annahme, dass die Sichtbarkeit der nebeligen Materie auf sehr wenige Stufen beschränkt ist."

Weiter bespricht nun Herschel nebelige Massen in Verbindung mit Nebeln, abgesonderte Nebelmassen, milchige Nebel, milchige Nebel mit Verdichtung, Nebel, welche an mehr als einer Stelle heller sind, doppelte Nebel in Verbindung mit Nebelmassen, Doppelnebel, die nicht mehr als zwei Minuten von einander entfernt sind (es werden 23 derselben aufgezählt), Doppelnebel (101 an der Zahl), die mehr als zwei Minuten von einander entfernt sind, dreifache, vierfache und sechsfache Nebel; von dieser letzten Classe zählt Herschel 20 dreifache, 5 vierfache und einen sechsfachen Nebel auf. „Da die Menge der zusammengesetzten Nebel," fährt Herschel fort, „so beträchtlich ist, so wird, wenn sie ihren Ursprung dem Aufbrechen einer frühern, ausgedehnten Nebelmasse verdanken, die Folge sein, dass wir erwarten müssen, die Menge getrennter Nebel werde viel grösser sein als die der verbundenen. Diese zerstreuten Nebel werden sich nicht nur in grossem Ueberflusse, sondern auch in der Nähe und in einem gewissen Zusammenhange mit einander finden, gemäss der verschiedenen Ausdehnungen und Lagen der ehemaligen Verbreitung der Nebelmaterie. So verhielt es sich, den Beobachtungen zufolge, nun auch in der That. — Eine Aufeinanderfolge von Stellen, wo die Nebel ausserordentlich sich anhäufen, beginnt über dem Schwanze der Wasserschlange, geht weiter zum südlichen Flügel, Leibe und nörd-

Digitized by Google

lichen Flügel der Jungfrau, dann zu den Locken der Berenice, den Jagdhunden und dem vorangehenden Arme des Bootes. Ein anderer Zweig geht von den Locken der Berenice zu den Hinterfüssen des grossen Bären. Wieder ein anderer Zweig geht von dem Flügel der Jungfrau gegen den Schwanz und den Leib des Löwen. Auf der andern Seite zeigt sich eine ganz andere Ansicht des Himmels, wenn wir die folgenden Sternbilder untersuchen. Anfangend vom Kopfe des Steinbocks gehen wir weiter zu Antinous, zum Schwanze des Adlers, dem Leibe des Hercules, zum Mauerquadranten, zum Kopfe des Drachen. Man kann auch die Sternbilder des Fuhrmanns, des Luchses und der Giraffe untersuchen. Bei dieser zweiten Durchsicht wird sich finden, dass die Abwesenheit von Nebeln ebenso merkwürdig ist als ihre grosse Menge in den zuerst erwähnten Sternbildern."

„Um in unserer Ansicht von der Beschaffenheit der nebeligen Materie weitere Fortschritte zu machen, können wir die Form ihrer Ausbreitung aus der Gestalt der beobachteten Nebel erforschen. Die beigefügten fünf sind besondere Beispiele einiger, die sehr ausgedehnt sind nach der Länge, aber sehr wenig nach der Breite. — Die Ausdehnung der Nebelmaterie muss im Allgemeinen als nach drei Dimensionen gehend angesehen werden; sie sind entweder alle drei nahezu gleich, oder eine ist viel kleiner als die zwei anderen, oder endlich, die Ausdehnung von zwei ist weit geringer als die der dritten. Die Nebel, welche hier erwähnt wurden, schliessen eine Nebelmasse von nahezu drei gleichen Abmessungen aus, denn von jeder Nebelmasse sieht man wenigstens zwei Dimensionen. Wenn zwei Dimensionen der Nebelmaterie nahezu gleich sind, so mag eine davon bloss sichtbar sein; dann ist aber die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die andere genau parallel mit der Gesichtslinie liege, nicht sehr günstig. Die annehmbarste Art also, die Erscheinung dieser Nebel zu erklären, ist, dass man meint, die Ausdehnung dieser Nebelmasse sei sehr schmal in Länge und von nicht viel Tiefe. Schreiben wir diese Gestalt der Nebelmaterie selbst zu, so ist sie ungewöhnlich genug und wir können nicht erwarten, viele Nebel von dieser Form, also von der Gestalt langgedehnter Strahlen, zu erblicken." Dagegen ist die Classe von langen und dabei beträchtlich breiten Nebeln sehr zahlreich. Herschel hat dieselben, welche in seinen Catalogen 284 Objecte umfasst, in fünf Abtheilungen gebracht, nämlich:

1.	161	gedehnte Nebel, klein, von mannigfaltiger Gestalt,	
2.	62	„ „ gross, „ „ „	
3.	31	„ „ von $^3/_4'$ bis $2'$ Länge,	
4.	24	„ „ „ $2'$ „ $5'$ „	
5.	6	„ „ „ $5'$ „ $15'$ „	

Die bedeutende Breite dieser Gebilde bei grösserer Längenausdehnung beweist, nach Herschel, dass zwei Dimensionen der nebeligen Materie, nämlich Breite und Tiefe, wahrscheinlich nicht sehr verschieden sind;

Digitized by Google

„denn," sagt er, „sollte die Tiefe der Länge gleich sein, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie gerade unsichtbar wäre, nicht für das häufige Vorkommen. Man muss daher voraussetzen, dass die Ausdehnung nach der Länge wirklich die grösste sei. Da wir sie thatsächlich so sehen, so ist gewiss, dass sie mindestens so gross ist, als sie erscheint, während eine von den beiden anderen Dimensionen, wenn nicht beide, gewiss kleiner sein muss, als die Länge. Diese Art von Erscheinung lässt die grösste Abwechselung von verlängerter Gestalt und Lage zu. Und aus der grossen Anzahl von Nebeln, auf die ich mich bezogen, ist das Dasein solcher Nebelmasse leicht herzuleiten."

Nebel von unregelmässiger Gestalt führt Herschel 93 auf und zwar in zwei Classen, von denen die erste 61 irreguläre kleine und die zweite 32 grosse unregelmässige Nebel enthält. Der grosse Beobachter bemerkt dazu, dass er die Gestalt eines Nebels dann unregelmässig nenne, wenn keine der beiden sichtbaren Dimensionen hinlänglich ausgezeichnet sei, um den Namen Länge zu verdienen.

Die Nebel von unregelmässig runder Gestalt theilt Herschel in drei Abtheilungen, indem er sie in folgender Weise gruppirt:

28 kleine, unregelmässig runde Nebel.
21 grosse, unregelmässig runde Nebel.
6 Nebel von unregelmässig runder Gestalt und mittleren Durchmessern zwischen 1 und 5 Minuten.

„Das Vorkommen einer unregelmässig runden Gestalt," fährt er fort, „bringt es nothwendig mit sich, dass die Ausdehnung der Nebelmaterie nach zwei Dimensionen nahezu gleich ist in jeden zwei auf einander senkrechten Richtungen. Die dritte Dimension kann sicherlich länger oder kürzer sein, als der sichtbare unregelmässige Durchmesser. Dann muss sie sich aber nothwendig nach der Richtung der Sehlinie central ausdehnen. Diese Bedingung hat nicht viel Wahrscheinlichkeit für sich, und je grösser die Menge solcher Nebel, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Nebelmaterie unregelmässig cylindrisch oder kugelförmig sei. Denn ausser der unregelmässigen cylindrischen oder conischen Gestalt in der besondern hierzu erforderlichen Stellung, kann nur die Ausdehnung in irregulärer Kugelgestalt Rechenschaft geben von der unregelmässig runden Figur, unter welcher die Nebel erscheinen. Die Art, aus der beobachteten Gestalt der Nebel auf die Form der Nebelmaterie zu schliessen, wird uns noch einen Schritt weiter führen, als sich erwarten liesse. Denn wenn man als wahrscheinlich zugibt, dass die wahre Gestalt der unregelmässig runden Nebel die Kugelform ist, so wird es nothwendig, die Ursache dieser Form zu suchen. Diese dem Zufall zuzuschreiben ist unphilosophisch, um so mehr, da eine bildende Ursache sich uns in der Gestalt der Planeten und Trabanten des Sonnensystems offenbart. Hieraus erhellt, dass die Frage nach der wahren Gestalt der Nebel ein höheres Interesse hat als das müssiger Neugierde."

Digitized by Google

„Die Gründe der vorhergehenden Untersuchungen brauchen nicht wiederholt zu werden, wenn es sich um die regelmässig runden Nebel — (deren Herschel 57 in vier Abtheilungen unterschieden aufführt) — handelt; denn deren Zahl und Regelmässigkeit spricht ganz zu Gunsten des Schlusses, dass die wahre Form der Nebelmaterie die einer Kugel ist. Als Ursache dieser Gestalt können wir nun mit grösserer Zuversicht das Princip der Gravitation hinstellen. Die Anziehung zog die Nebelmaterie gegen ein Centrum und vereinigte sie zur Kugelgestalt. Schon oben habe ich gezeigt, dass dasselbe Princip die Ursache der Verdichtung zu sein scheint, welche bei vielen Nebeln dort stattfindet, wo sie in hellerm Lichte glänzen. Dieses Zusammentreffen von Schlüssen, die auf ganz verschiedenen Gründen ruhen, muss die Betrachtungen, die zu ihrer Unterstützung angestellt worden sind, nothwendig verstärken."

Von Nebeln, die wegen gewisser Eigenthümlichkeiten in ihrer Gestalt oder ihrem Glanze merkwürdig sind, zählt William Herschel 35 in folgenden drei Abtheilungen auf:

1. 2 Nebel von merkwürdiger Figur (bei 24 *d* Ursae und nahe bei *β* Persei).
2. 10 ungleichförmig helle Nebel.
3. 23 Nebel, welche an einer Seite am hellsten sind.

Diese Unregelmässigkeiten erklärt Herschel theils durch eine grössere Verdichtung oder Tiefe der Nebelmaterie (Nebel II. 646, in den Jagdhunden), theils durch eine gegenwärtig noch unvollkommene Concentrirung der Nebelmasse (Nebel II. 313, in der Wasserschlange), theils endlich dadurch, dass die Nebelmaterie ringförmig ist und der Ring schräg gegen unsere Gesichtslinie liegt (Nebel V. 19 bei *β* Persei).

„Die Untersuchungen über die Gestalt der Nebelmaterie gründeten sich bis jetzt zuerst auf die beobachtete Gestalt, darauf wurde die Kugelform der Nebelmaterie der Wirkung eines gravitirenden Princips zugeschrieben. Ich gehe nun über zur Untersuchung derjenigen Nebel, von welchen ausser der Gestalt auch die verschiedenen Stufen der Helligkeit aufgezeichnet sind und die Lage der grössten Helligkeit in Bezug auf ihre Figur. Diese Beobachtungen werden die vorhergehenden Schlüsse bestätigen durch die hinzukommende Menge von Gegenständen und durch den entscheidenden Grund, der von ihrer Helligkeit hergenommen, die auf den Sitz einer Attraction hinweist. Die folgenden vier Abtheilungen:

1. 32 Nebel, stufenweise etwas heller in der Mitte, deren besondere Gestalt nicht bestimmt worden,
2. 24 ausgedehnte Nebel, stufenweise etwas heller in der Mitte,
3. 20 Nebel von unregelmässiger Gestalt, stufenweise etwas heller in der Mitte,
4. 74 runde oder nahe runde Nebel, stufenweise etwas heller in der Mitte,

enthalten 150 Nebel, die sämmtlich in der Mitte etwas heller sind. Man

Digitized by Google

muss sich dabei vorstellen, dass diese Zunahme der Helligkeit von aussen herein allmälig gegen die Mitte des Nebels hin stattfinde. Dieser Umstand ist bei der Beobachtung häufig nicht besonders angemerkt worden; allein ich bin überzeugt, dass, wäre die Lichtzunahme anders gewesen, ich sie sicherlich nicht übersehen haben würde. Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass das vereinigte Zeugniss so vieler Gegenstände keinen Zweifel über den centralen Sitz einer Attraction übrig lässt, welcher in jedem Orte von der Figur als in der Mitte befindlich, angedeutet wird. Die einzige Bemerkung, die ich zu machen habe, bezieht sich auf die Aeusserung der verdichtenden Kraft, welche bei diesen Nebeln nur eine sehr mässige Wirkung hervorgebracht hat. Dies kann entweder von der missgestalteten Masse der Nebelmaterie herrühren, welche eine lange Zeit erfordert, ehe sie zu einiger centraler Anordnung gelangt, oder man kann dies auch der geringen Grösse einer centralen, attractiven Masse zuschreiben, oder auch der Kürze der Zeit, während deren sie wirkte; denn in diesem Falle sind Millionen Jahre vielleicht nur wie Augenblicke."

Zwei weitere Classen hierhin gehöriger Nebel, welche Herschel aufstellt, nebst ihren Unterabtheilungen, sind folgende:

a. Nebel, welche stufenweise heller in der Mitte sind.
   1. 39 Nebel von unbestimmter Gestalt.
      50 ausgedehnte Nebel.
      29 Nebel von unregelmässiger Gestalt.
      105 runde oder nahezu runde Nebel.

b. Nebel, welche stufenweise viel heller in der Mitte sind.
      25 Nebel von nicht bestimmter Gestalt.
      54 ausgedehnte Nebel.
      19 Nebel von unregelmässiger Figur.
      104 runde oder nahezu runde Nebel.

Herschel macht darauf aufmerksam, dass der grössere Unterschied zwischen der Helligkeit des Mittelpunktes, im Vergleiche mit den peripherischen Theilen der Nebel, dem Einflusse der längern Zeit, während deren die Anziehung thätig war, zugeschrieben werden könne.

Gewisse Nebel von kometenähnlichem Aussehen (17 an der Zahl), die eine stufenweise starke Zunahme der Helligkeit gegen die Mitte hin zeigen, gehören nach Herschel einer Classe von Nebeln an, die durch stärkere Verdichtung sich von der letzt vorhergehenden Classe abtrennten. „Ihre grosse Aehnlichkeit übrigens mit teleskopischen Kometen," bemerkt Herschel, „ist geeignet, zu der Ansicht zu führen, gewisse teleskopische Kometen, die bisweilen in unser Sonnensystem herabsteigen, möchten aus Nebelmaterie bestehen oder wirklich solche sehr verdichtete Kometen sein."

Nebel, welche plötzlich dichter oder heller in der Mitte sind, führt Herschel 18 auf und bringt sie in folgende Abtheilungen:

Digitized by Google

1. 7 ausgedehnte Nebel.
2. 2 Nebel von unregelmässiger Figur.
3. 8 runde oder beinahe runde Nebel.

Der grosse Beobachter bemerkt, dass das Aussehen dieser Nebel offenbar eine fortschreitende Concentrirung der Materie zeige, der Kern, der sich zu bilden scheine, sei ein Zeichen von Consolidirung, oder wie wir heute richtiger behaupten könnten, von Verflüssigung der gasförmigen Materie.

Runde Nebel, die allmälig an Helligkeit gegen das Centrum hin zunehmen, zählt Herschel 24 auf; ferner 25 Nebel mit Kern, wovon:

1. 24 ausgedehnte Nebel.
2. 13 runde oder beinahe runde Nebel.

„Nach dem," sagt Herschel, „was ich von dem Dasein einer verdichtenden Kraft bewiesen habe, nehme ich keinen Anstand, diese Erscheinung (eines Kerns) einer längern Dauer von der Wirkung jener zuzuschreiben, die eine Consolidation der Materie hervorzubringen scheint."

Die weiteren von Herschel unterschiedenen Classen der Nebelgestalten mit ihren Unterabtheilungen, sind:

a. Ausgedehnte Nebel, die einen Fortschritt der Verdichtung zeigen.
   1. 23 Nebel mit einem Kern und zwei entgegengesetzten Armen.
   2. 5 Nebel mit Kern, Mähne und Arm.
b. Nebel mit Kern und Mähne.
   1. 15 runde oder beinahe runde Nebel mit Kern und zarter Mähne.
   2. 2 Nebel mit Kern und Mähne, wie Nebelsterne aussehend.
c. Runde Nebel von beinahe gleichförmigem Lichte.
   1. 4 Nebel von 2′ bis 4′ Durchmesser.
   2. 12 Nebel von $^3/_4$′ bis 12′ Durchmesser.
d. Nebel der letzten Periode.
   1. 4 Nebel von planetarischem Aussehen.
   2. 3 planetarische Scheiben mit einem hellen Centralpunkte.

In Beziehung auf die planetarischen Nebel mit centralen Lichtpunkten, glaubt Herschel annehmen zu können, dass die Nebelmasse in dem ursprünglichen Zustande ihrer Ausbreitung, mehr ungleich verbreitet war und dass sie die verschiedenen Zustände ausgedehnter Nebel durchlief. Bei Nebeln dieser Art sei eine Consolidirung des Kerns schon sehr weit fortgeschritten, während eine beträchtliche Menge von Nebelmaterie noch in den äusseren Theilen ruhte.

Bei Besprechung der planetarischen Nebel hält Herschel an der Dunsttheorie fest und bemerkt, dass wahrscheinlich die meisten dieser Gebilde sich um ihre Axe drehen, indem unter 10 planetarischen Nebeln 7 elliptisch sind.

Digitized by Google

Die von Herschel sogenannten sternigen Nebel sind kleine Nebel, den falschen Sterndurchmessern an scheinbarer Grösse vergleichbare Gebilde, die sich aber doch durch ihr Licht hinlänglich von den eigentlichen Sternen unterscheiden. Eine besondere Classe derselben, die sich dem Aussehen der Sterne nähern, zeigen sich, ähnlich Fixsternen, mit kleinen Nebelanhängen, bei einer andern, den sogenannten zweifelhaften Nebeln, musste es Herschel unentschieden lassen, ob er einen Stern oder einen Nebel vor sich hatte. Seine Eintheilung dieser Objecte ist folgende:

a. Sternige Nebel.
   1. 6 hellsternige.
   2. 11 von dem nächsten Grade der Helligkeit.
   3. 100 von verschiedenen Stufen der Helligkeit.

b. Nebel, welche sich dem Aussehen der Sterne nähern.
   1. 3 Sterne mit Nebelknäueln.
   2. 3 Sterne mit zarten Mähnen.

c. Zweifelhafte Nebel.
   25 verificirte sternige Nebel.
   5 schwierig zu verificirende sternige Nebel.
   4 Gegenstände, die nicht verificirt werden konnten ob Stern oder Nebel.

Am Schlusse seiner grossen Abhandlung sagt Herschel: „Die gänzliche Unähnlichkeit zwischen dem Aussehen einer verbreiteten Nebelmaterie und eines Sternes ist so auffallend, dass der Gedanke an den Uebergang des einen in den andern, schwerlich Jemandem beikommen wird, der nicht das Resultat einer kritischen Untersuchung des Nebelsystems vor sich hat, wie ich sie in diesem Aufsatze entwickelt habe. Das Ziel, das ich vor Augen hatte, indem ich die Beobachtungen so ordnete, wie es der Fall ist, war: zu zeigen, dass die oben erwähnten beiden Extreme durch so nahe verwandte Zwischenglieder mit einander in Verbindung stehen, dass es höchst wahrscheinlich wird, jeder folgende Zustand der Nebelmaterie sei das Ergebniss einer Wirkung, welche eine Gravitation auf ihn in seinem vorhergehenden Zustande äusserte. So wurde durch allmälige Schritte die Verdichtung fortgeführt bis zum planetarischen Nebel und gezeigt, dass von hier bis zum Uebergange in die sternige Form nur ein Zusatz sehr kleiner Zusammendrängung erforderlich ist. Verschiedene Beispiele wurden angeführt, welche planetarische und sternige Nebel in Verbindung setzen. Die lichtschwachen, sternigen Nebel wurden wohl verbunden mit allen Arten lichtschwacher Nebel von grösserm Umfange, und in einer Menge von der kleinern Art ist die Annäherung an die Sternnatur so weit fortgeschritten, dass in meinen Beobachtungen bei manchen derselben zweifelhaft blieb, ob sie nicht bereits Sterne wären."

1814. „In der Darlegung meiner Beobachtungen über den nebelichten Theil des Himmels unternahm ich zu beweisen, dass eine allmälige

Digitized by Google

Umwandlung des nebelichten Weltstoffes in sternartige Gebilde wahrscheinlich sei. Die Beobachtungen, welche ich jetzt vorlege, bezwecken, den sternigen Theil des Himmels zu entwickeln und die innige Verbindung zwischen den entgegengesetzten Grenzen himmlischer Bildungen zu zeigen: deren eine ist die Unermesslichkeit der weitverbreiteten und dem Anscheine nach chaotischen Stoffe, und deren andere ist: die Menge der höchst zusammengesetzten und sehr künstlich gebildeten kugelähnlichen Haufen zusammengedrängter Sterne. Ist die innige Verbindung zwischen diesen beiden Grenzen erwiesen, so erhält dadurch die Wahrscheinlichkeit des Ueberganges von der einen in die andere, eine neue Stütze." Herschel beschreibt nun eine Anzahl von ihm beobachteter Objecte, bei welchen Sterne in bestimmten Lagen gegen Nebel sich befinden. Er gedenkt darin u. a. eines sehr lichtschwachen Nebels im grossen Bären (Nr. 626 der III. Cl. des Herschel'schen Verzeichnisses) von unregelmässiger Gestalt, bei dem, 5 Minuten nördlich entfernt, ein Stern 6. Grösse stand. In einer zwei Jahre frühern Beobachtung des nämlichen Sternes, waren beide Gegenstände so nahe, dass beim ersten Anblicke der Verdacht entstand, das Ocular sei von Dunst beschlagen. Herschel vermuthet auf Grund dieser und anderer Beobachtungen, dass Nebel gelegentlich starke Eigenbewegungen gegen benachbarte Sterne besitzen können, wenngleich er vorsichtig darauf aufmerksam macht, dass die verschiedene Heiterkeit der Atmosphäre von grossem Einflusse in dieser Beziehung sei. Die späteren Messungen Lamont's haben, verglichen mit den Bestimmungen Herschel's, für zwei planetarische Nebel ebenfalls eine starke Eigenbewegung wahrscheinlich gemacht. Herschel beschreibt im ferneren Verlaufe seiner Abhandlung eine Anzahl von 19 Gebilden, wo zwei Sterne einen ausgedehnten Nebel zwischen sich haben und sagt: „Wenn wir uns erinnern, dass ich 139 Doppelnebel angegeben habe, die durch dazwischen befindlichen Nebel verbunden sind und dass wir jetzt 19 ähnliche Gegenstände vor uns haben, wo Sterne mit Zwischennebel verbunden sind; sollte man da nicht annehmen dürfen, dass diese Sterne ehemals sehr verdichtete Nebel gewesen sein könnten, die nun successive in kleine Sterne übergegangen sind? Und sollte nicht der noch übrig bleibende Dunst ihren Ursprung aus Nebel andeuten? Wenn wir noch hinzufügen, dass wir überdies Kunde haben von 700 Doppelsternen, die ganz frei von Nebel und von denen manche wahrscheinlich nicht sehr weit von uns entfernt sind, so scheint es, als hätten wir diese Doppelgegenstände in drei verschiedenen, einander folgenden Zuständen: zuerst als Nebel, dann als Sterne mit Ueberbleibsel von Nebel und endlich als Sterne, völlig frei von allem nebeligen Aussehen."

In einem folgenden Capitel berichtet Herschel über Sterne in Verbindung mit mannigfach gestalteten Nebeln und gibt eine Liste von 14 Gebilden, bei welchen, nach seiner Ansicht, die Wahrscheinlichkeit einer innigen Verbindung zwischen Nebel und Stern immer mehr in die Augen fällt. Bei den ersten neun Objecten erscheinen folgende Bedingungen erfüllt:

Digitized by Google

„Der Nebel muss ausgedehnt sein; die Richtung seiner Ausdehnung muss genau gegen den Stern gehen und er muss scheinbar gerade so nahe sein, dass er ihn berührt. Es ist nicht wahrscheinlich, dass diese Bedingungen bloss durch Zufall bei jenen Objecten erfüllt werden, während eine wirkliche Berührung beider Gegenstände unter dem Einflusse der Attraction von der ganzen Erscheinung sehr leicht Rechenschaft gibt. Bei den zwei folgenden Gegenständen ist schon Anzeige da von einer Verbindung zwischen Nebel und Stern, indem die Rundung des Nebels etwas gegen den Stern hin verzogen erscheint. Die letzten drei Beispiele aber lassen keinen Zweifel über eine gemeinsame Verbindung übrig, indem die ganze Nebelmasse scharf gegen den Stern gerichtet und mit ihm in Berührung ist. — Nehmen wir demnach eine Berührung oder Verbindung zwischen diesen Nebeln und Sternen an, so müssen wir bemerken, dass sich Sterne in der Lage wie die betrachteten 14, nicht aus den mit ihnen verbundenen Nebeln bilden konnten; denn eine stufenweise Verdichtung der Nebelstoffe wäre central gewesen, während hier die Sterne an der Grenze der Nebel stehen. Man hat daher Grund zu vermuthen, dass ihre Verbindung einer Bewegung zuzuschreiben ist, der der Sterne oder Nebelmaterie; gemeinschaftliche Anziehung müsste sie dann gegeneinander treiben. In beiden Fällen wird die Folge sein, dass, wenn das Nebelige sich niederlässt auf den Stern (wie die fächerartige Gestalt anzudeuten scheint), derselbe eine Zunahme von Materie erhält, im Verhältnisse mit der Grösse und Dichtigkeit des Nebels, der mit ihm in Berührung tritt. Dies gibt uns einen Begriff von dem, was man das Wachsen der Sterne nennen könnte." Herschel führt nun weiter drei Sterne (Nr. 42, 43, 48 der IV. Classe seines Verzeichnisses) mit nebeligen Aesten an, aus denen er abermals schliesst, dass Sterne und Nebel in Verbindung sein können, „denn das Anschwellen und die Lichtzunahme in den Aesten da, wo sie mit dem Sterne in Verbindung treten, welches allgemein stattfindet, scheint offenbar eine Wirkung der Gravitation der Nebelmaterie gegen den Mittelpunkt zu sein, in welchem der Stern sich befindet." —

„Die Vereinigung des nebeligen und sternigen Zustandes, offenbart sich noch deutlicher bei den nebeligen Sternen. Da ich viele derselben in der Abhandlung von 1791 beschrieben habe, so will ich hier bloss zwei anführen. Nr. 45 der IV. Classe, ein Stern von der 9. Grösse ungefähr, hat einen starken, milchigen Nebel, gleichförmig rund um sich herum verbreitet; Nr. 69 derselben Classe ist ein Stern von der 8. Grösse mit einer zarten, kreisförmigen Lichtatmosphäre von etwa 3 Minuten Durchmesser. Der Stern befindet sich vollkommen im Mittelpunkte; die Atmosphäre ist so verwaschen, matt und durchaus gleichförmig, dass man keineswegs glauben kann, sie bestehe aus Sternen; auch kann kein Zweifel über die augenscheinliche Verbindung der Atmosphäre und des Sternes stattfinden."

„Dass die mit Sternen verbundene Nebelmasse von derselben Natur

Digitized by Google

wie die allgemeine Nebelmaterie des Himmels ist, lässt sich durch folgende Beispiele erweisen. Nr. 33, Classe IV.: Ein Stern zeigt sich auf einem Grunde von ausserordentlich zartem, milchigem Nebel, der über diesen Theil des Himmels ausgegossen ist; er hat eine milchige Mähne rings um sich; sie ist heller als die Nebelmasse des Grundes, verliert sich aber unmerklich in die ausserordentliche Zartheit der allgemein zerflossenen Nebelmaterie. Die Bildung dieser Gegenstände ist höchst belehrend, da sie die Verwandtschaft zwischen der Materie, aus der die Sterne gestaltet sind, und der ganz formlosen, chaotischen Masse des Nebeligen darlegt. Auf der einen Seite nämlich, ist die verschwindende Mähne eines Sternes verwandt mit der allgemeinen Nebelwolke, auf der andern Seite mit dem Sterne selbst, um den sie sich in stufenweiser Verdichtung lagert. Diese zweifache Verbindung beweist die wechselseitige Gravitation der ganzen Nebelmasse und des Sternes gegen einander, und so lange dieser Beweis nicht entkräftigt ist, müssen wir die Thatsache vom Wachsthum der Sterne, die in den angedeuteten Umständen sich befinden, zugeben." —

„Ist ein kleiner Fleck Sterne mit Nebeligem gemischt, so ist es allerdings möglich, dass beide nur zufällig auf derselben Gesichtslinie liegen; doch spricht, besonders wenn dieser Gegenstände viele sind, die Wahrscheinlichkeit allerdings für eine physische Verbindung. In diesem Falle gibt es nur zwei Erklärungen: entweder haben sich die Sterne aus Nebelmaterie gebildet und es ist noch ein Rest der letztern gewissermaassen uncondensirt geblieben, oder eine Verbindung erfolgte später, indem die ursprünglich getrennten Objecte sich in Folge ihrer Eigenbewegungen trafen. — Es ergibt sich übrigens von selbst, dass sich über die Bildung mancher anderer nebeligsternigen Flecke nichts Positives sagen lässt, bevor wir durch lange genug fortgesetzte Beobachtung irgend eines Fleckes, Kenntniss von etwaigen Veränderungen der Nebelmasse oder der Grösse der Sterne, aus denen sie dem Ansehen nach bestehen, erhalten haben. Nur dieser Andeutung müssen wir folgen, dass jede Nebelmasse, die in die Nachbarschaft eines Sternhaufens geworfen wird, wahrscheinlich allmälig von diesem gehemmt und eingesogen wird, auf diese Weise das Wachsthum der Sterne unterhaltend." —

1818. „In der Tiefe der Himmelsregionen sind wir bloss mit zwei Principien bekannt geworden, mit dem nebeligen und dem sternigen. Das Licht des nebeligen Grundstoffes ist vergleichsweise sehr zart und, einige wenige Fälle ausgenommen, dem Auge unsichtbar. Es ist im Allgemeinen weit verbreitet über eine grosse Ausdehnung im Raume, in welchem es bei zunehmender Zartheit meist dem Blicke sich entzieht. Das Licht der Sterne im Gegentheil, ist vergleichsweise sehr glänzend, in einen kleinen Punkt zusammengedrängt, ausgenommen, wenn mehrere sich in Haufen gesammelt, wo dann ihr vereinter Glanz bisweilen eine beträchtliche Anzahl Minuten im Raume einnimmt. In diesem Falle kann man die Sterne in unseren Teleskopen sehen, und aus den angeführten Beobachtungen erhellt, dass, wenn man sie mit Instrumenten betrachtet, die

Digitized by Google

stufenweise schwächer sind wie diejenigen, welche sie als Sternhaufen zeigen, ihre Durchmesser bei schwächerm Lichte und schwächerer Vergrösserung sich im Allgemeinen zusammenziehen. Ein kugelförmiger Sternhaufen ist zurückgeführt auf ein kometarisches Aussehen, auf einen schlecht begrenzten, mit Nebel umgebenen Stern, auf einen kleinen Stern mit einem grössern Durchmesser, als gewöhnliche Sterne der betreffenden Grössenordnung besitzen. In Folge dieser Betrachtungen erscheint es höchst wahrscheinlich, dass einige kometarische, mehrere planetarische und eine beträchtliche Menge sterniger Nebel bloss Sternhaufen sind, die sich so tief im Raume befinden, dass die Kraft unserer gegenwärtigen Teleskope sie nicht zu erreichen vermag. Die Entfernung der Gegenstände von gleichem Aussehen, die aber von nebeligem Ursprunge sind, muss im Gegentheile so viel geringer sein als die vorhergehende, so dass ihre Tiefe im Raume 900 Fixsternweiten wahrscheinlich nicht überschreitet."

W. Herschel hat in den drei Verzeichnissen, welche er in den Jahren 1786, 1789 und 1802 der königlichen Societät vorlegte, sämmtliche von ihm entdeckte und beobachtete Nebelflecke und Sternhaufen aufgeführt. Die Ortsbestimmungen sind durch Differenzen der Rectascension und Declination gegen benachbarte Sterne gegeben und nur so weit genau, als genügt, um die Aufsuchung der Objecte zu ermöglichen. Kurze, beigefügte Beschreibungen geben dazu ein allgemeines Bild von dem Aussehen der Nebel. Die ungemein reiche Mannigfaltigkeit der hierhin gehörigen Gegenstände hat Herschel in 8 Classen geordnet, doch ist diese Anordnung immerhin einer gewissen Willkührlichkeit unterworfen. Es folgt hier eine Uebersicht der Herschel'schen drei Verzeichnisse mit chronologischer Angabe der Zahl der in den verschiedenen Jahren aufgefundenen Objecte.

Erste Classe. Glänzende Nebel.	
Jahr	Zahl der aufgefundenen Objecte
1783	5
1784	55
1785	60
1786	40
1787	33
1788	25
1789	22
1790	18
1791	2
1793	11
1796	9
1798	1
1801	6
1802	1

Zweite Classe. Lichtschwache Nebel.	
1783	12
1784	265
1785	236
1786	113
1787	81
1788	61
1789	50

Digitized by Google

Jahr	Zahl der aufgefundenen Objecte
1790	45
1791	12
1792	3
1793	19
1794	1
1794	1
1797	1
1798	1
1799	2
1801	4
1802	1

Dritte Classe. Sehr lichtschwache Nebel.

1783	3
1784	255
1785	231
1786	109
1787	98
1788	55
1789	72
1790	53
1791	17
1792	3
1793	37
1794	3
1797	15
1798	5
1799	6
1801	11
1802	5

Vierte Classe. Planetarische Nebel.

1782	1
1783	1
1784	20
1785	13
1786	9
1787	9
1788	5
1789	5
1790	6
1791	2
1792	1
1793	1
1794	2
1798	2
1801	1

Fünfte Classe. Sehr grosse Nebel.

1783	1
1784	19
1785	7
1786	13
1787	2
1788	2
1789	2
1790	3
1793	2
1801	1

Sechste Classe. Sehr gedrängte und reiche Sternhaufen.

1783	2
1784	15
1785	4
1786	6
1787	4
1788	4
1790	1
1791	2

Digitized by Google

Jahr	Zahl der aufgefundenen Objecte
1793	2
1797	1
1798	1

Siebente Classe. Ziemlich dicht gedrängte Haufen von grösseren und kleinen Sternen.

1784	10
1785	13
1786	15
1787	11
1788	8
1789	4
1791	1
1793	3
1794	1
1799	1

Achte Classe. Grob zerstreute Sternhaufen.

Jahr	Zahl der aufgefundenen Objecte
1783	4
1784	27
1785	17
1786	13
1787	9
1788	11
1789	1
1790	4
1792	1
1793	1
1799	1

Die Gesammtzahl der von W. Herschel entdeckten und beobachteten Nebelflecke und Sternhaufen beziffert sich also auf 2500 Objecte, nämlich 2303 Nebelflecke und 197 Sternhaufen. Sie vertheilt sich auf die einzelnen Classen wie folgt:

Erste Classe:	288 glänzende Nebel.
Zweite Classe:	907 schwache Nebel.
Dritte Classe:	978 sehr schwache Nebel.
Vierte Classe:	78 planetarische Nebel.
Fünfte Classe:	52 sehr grosse Nebel.
Sechste Classe:	42 sehr gedrängte und reiche Sternhaufen.
Siebente Classe:	67 ziemlich dicht gedrängte Haufen.
Achte Classe:	88 grob zerstreute Sternhaufen.

In den Jahren 1825 bis 1833 hat Sir John Herschel die von seinem Vater beobachteten Nebel und Sternhaufen einer neuen Musterung unterworfen, die früheren Verzeichnisse erweitert und einen Catalog von 2307 hierhin gehörigen Objecten in den Philosophical Transactions von 1833 veröffentlicht. In den Jahren 1833 bis 1838 versetzte er seine mächtigen Instrumente nach Feldhausen am Cap der guten Hoffnung und vervollständigte durch Untersuchung des südlichen Himmels das bisherige Verzeichniss durch 1708 neue Positionen. Bis dahin war unsere Kenntniss der Nebelgebilde und Sternhaufen der südlichen Hemisphäre fast noch auf dem Standpunkte geblieben, auf dem sie Lacaille und Legen-

Digitized by Google

til gelassen; denn der grösste Theil der 629 von James Dunlop in den Jahren 1825 bis 1827 mit einem 9füssigen Reflector beobachteten und in den Philosophical Transactions von 1828 angezeigten Nebelflecke und Sternhaufen, fand sich merkwürdiger Weise nicht in den angegebenen Positionen vor. Das Verzeichniss der über dem Horizonte von Slough beobachteten Gebilde enthält 2299 Nebelflecke und 152 Sternhaufen, während mit gleich mächtigen Instrumenten am Südhimmel von Sir John Herschel 1239 Nebelflecke und 236 Sternhaufen beobachtet wurden. Wenn es nicht der ungleich reinern Atmosphäre am Cap der guten Hoffnung zuzuschreiben ist, dass der 20füssige Reflector dort verhältnissmässig mehr Nebelflecke in Sternhaufen zerlegte, als in den dunstbeladenen Luftschichten des südlichen Englands, so würde sich in den angegebenen Zahlen eine merkwürdige Verschiedenheit in der kosmischen Gruppirung der Nebelflecke und Sternhaufen am nördlichen und südlichen Himmel darbieten.

Was die Vertheilung der Nebelflecke und Sternhaufen am Himmelsgewölbe nach Stunden der Rectascension, anbelangt, so ergeben die Verzeichnisse Sir John Herschel's dafür folgende Zahlen:

Digitized by Google

Zahl der Nebel und Sternhaufen nach Sir John Herschel's Catalogen.

Stunden der Rectascension	Nördlicher Catalog	Südlicher Catalog	Generalcatalog von 1864
0^h bis 1^h	89	72	211
1 „ 2	109	83	278
2 „ 3	89	46	161
3 „ 4	24	102	163
4 „ 5	36	121	198
5 „ 6	32	280	352
6 „ 7	56	61	139
7 „ 8	55	40	132
8 „ 9	72	33	135
9 „ 10	109	83	252
10 „ 11	154	90	294
11 „ 12	271	63	421
12 „ 13	441	88	686
13 „ 14	214	88	379
14 „ 15	153	35	263
15 „ 16	2	27	114
16 „ 17	32	48	109
17 „ 18	18	66	108
18 „ 19	34	48	92
19 „ 20	37	35	79
20 „ 21	36	39	90
21 „ 22	45	71	120
22 „ 23	60	46	140
23 „ 24	98	43	163
Total . .	2306	1708	5079

Aus dieser tabellarischen Zusammenstellung ergibt sich ein deutlich ausgesprochenes Maximum zwischen 12^h und 13^h, während ein zweites Maximum auf 5^h bis 6^h und ein beträchtliches Minimum auf 19^h bis 20^h fällt. Während die Pole des Aequators sehr nebelarm sind, erscheint das Maximum der Nebelhäufigkeit dem nördlichen Pole der Milchstrasse sehr genähert; allein die Ansicht von einer Milchstrasse der Nebelflecke, rechtwinklig zu der Milchstrasse der Sterne, zu welcher auch der grosse William Herschel früh hinneigte, hat sich in den umfassenderen Beob-

Digitized by Google

achtungen der Neuzeit nicht bestätigt. Ueberhaupt räth d'Arrest, der seit 1861 mittels des grossen Merz'schen Refractors in Kopenhagen, wichtige und umfassende Untersuchungen über die Nebelflecke anstellte, die Studien über die Vertheilung der Nebel am Himmel noch einige Zeit auszusetzen. Der ursprüngliche Plan dieses berühmten Astronomen war, alle mit dem Kopenhagener Refractor sichtbaren Nebelflecke des nördlichen Himmels bezüglich ihrer Oerter genau zu bestimmen und zu beschreiben; aber im Verlaufe einer sechsjährigen Beschäftigung mit dem Gegenstande, stellte sich heraus, dass für eine solche Arbeit die Dauer eines Menschenlebens nicht ausreicht, indem die Zahl der Nebelflecke (und Sternhaufen) unsere bisherigen Vorstellungen weit übersteigt. In ungefähr 400 Beobachtungsnächten, zwischen October 1861 und Mai 1867, hat d'Arrest 4800 einzelne Positionen von 1942 Nebeln erhalten, von denen 390 anderweitig noch nicht beobachtet oder von denen doch keine Oerter bestimmt waren. Der Director der Kopenhagener Sternwarte hat bei diesen Untersuchungen die Sternhaufen der siebenten und achten, theilweise auch die der sechsten Classe Herschel's unberücksichtigt gelassen, da er sie als partielle Anhäufungen innerhalb unseres Fixsternsystems von den eigentlichen Nebeln (auch den auflöslichen) gänzlich verschieden erachtet. Zudem ist die Anzahl jener Sternhaufen, besonders in der Nähe der Milchstrasse, eine ungemein grosse; in Herschel's Catalogen sind häufig nur einzelne aufgenommen, ganz ähnliche, nahe gelegene, aber übergangen.

Im Jahre 1864 hat Sir John Herschel (in den Philos. Trans. Vol. CLIV, Part. I.) einen Generalcatalog der Nebelflecke und Sternhaufen des Himmels veröffentlicht, welcher 5079 Objecte enthält. Dieser Catalog, nach Stunden der Rectascension geordnet und auf 1860 reducirt, ist der vollständigste seiner Art. Er enthält alle von den beiden Herschel beobachteten Nebel und Sternhaufen mit Ausnahme des verwaschenen Nebelschimmers (V. 37) im Schwane, den William Herschel am 24. October 1786 beobachtete. Ausserdem sind 52 ähnliche, welche in den Philos. Transactions von 1811 beschrieben wurden, weggelassen und das Gleiche gilt von den Dunlop'schen Objecten, soweit sie nicht anderweitig verificirt werden konnten.

Nachdem das Reich der Nebelflecke nahe sechs Jahrzehnte hindurch fast das ausschliessliche Besitzthum der beiden Herschel geblieben, hat die, besonders den Anstrengungen Fraunhofer's und seiner Nachfolger zu verdankende, Verbreitung mächtiger Refractore und der rühmenswerthe Eifer einzelner Privatleute in Herstellung grosser Reflectore, seit 30 Jahren immer mehr Astronomen in der Beobachtung der Nebelflecke vereinigt. Es muss an dieser Stelle genügen, die Namen von Lord Rosse, Lamont, Lassell, Bond, Otto Struve, Secchi, d'Arrest, Rümker und Schönfeld zu nennen, um eine lange Reihe wichtiger Untersuchungen in das Gedächtniss zurückzurufen. Die Bestimmungen möglichst scharfer Oerter durch Anknüpfung geeignet erscheinender Nebel an be-

Digitized by Google

nachbarte Sterne, welche d'Arrest und Schönfeld geliefert haben, sind in jüngster Zeit von Hermann Vogel auf der Leipziger Sternwarte fortgesetzt worden (Beob. v. Nebelfl. u. Sternh. von H. Vogel, Leipzig 1867), und ist dadurch ein Verzeichniss von etwa 100 wohl bestimmten Objecten zu Stande gekommen, die alle bereits früher von anderen Beobachtern bestimmt wurden. Bei der Schwierigkeit der Ortsbestimmung von Nebelflecken, ist für jetzt als der grösste Vorzug der neueren Untersuchungen dieser Art und als ein glänzendes Zeugniss für die Geschicklichkeit der Beobachter, die Thatsache zu betrachten, dass die neueren Positionen alle eine sehr gute Uebereinstimmung zeigen. Der Zukunft muss es überlassen bleiben, die Eigenbewegungen der Nebelflecke zu ermitteln.

Es kann hier keineswegs beabsichtigt werden, eine Charakterisirung aller irgendwie bemerkenswerthen Nebelflecke zu geben, dazu ist schon deren Anzahl zu bedeutend; auch wurde bereits Mehreres hierüber oben nach W. Herschel mitgetheilt. Nur einzelne der wichtigsten Nebel mögen hier specieller behandelt werden.

Der grosse Nebel im Orion. Die Entdeckungsgeschichte desselben ist schon oben mitgetheilt worden. Legentil, der eine (unvollkommene) Zeichnung dieser seltsamsten aller Nebelflecke gegeben hat (Mém. Acad. Sci. Par. 1759), vergleicht seine allgemeine Gestalt mit dem geöffneten Rachen eines Thieres, und in der That zeigt die Parthie nordöstlich vom Trapeze eine entfernte Aehnlichkeit mit diesem Bilde. Charakteristischer freilich ist der Vergleich mit zwei ausgebreiteten Schmetterlingsflügeln. Inzwischen vermag keine blosse Beschreibung auch nur eine entfernte Vorstellung von der wundervollen Mannigfaltigkeit der Gestaltung und Schattirung des Nebelduftes zu geben, wie sich derselbe in mächtigen Fernrohren dem forschenden Blicke darstellt. Der mächtige (und hier formumwandelnde) Einfluss, den die optische Kraft des angewandten Instruments auf das Aussehen der Nebel von unregelmässiger Gestalt ausübt, ist der Grund, weshalb besonders die älteren, mittelst unvollkommner Teleskope erlangten Zeichnungen des Orionnebels, eine so geringe Aehnlichkeit unter einander und im Vergleiche mit den neueren Abbildungen zeigen. Was Mairan, Legentil und Messier von Veränderungen in dem Aussehen dieses Nebelfleckes wahrzunehmen meinten, ist ebenso unsicher, wie diejenigen Veränderungen, die der ältere Herschel constatiren zu können glaubte. Dieser berühmte Beobachter äussert sich über den grossen Orionnebel in seiner sechsten Abhandlung von 1811 in folgender Weise.

„Den 4. März 1774 beobachtete ich den Nebelstern (Nr. 43 des Messier'schen Cataloges), welcher sich einige Minuten nördlich von dem Nebel befindet. Zu gleicher Zeit bemerkte ich auch zwei ähnliche, aber viel kleinere, nebelige Sterne auf beiden Seiten des grössern und nahezu in gleicher Entfernung von demselben. Im Jahre 1783 untersuchte ich den Nebelstern und fand ihn von einer zarten Glorie weisslichen Nebels umgeben, die sich mit dem grossen Nebel verband. Gegen Ende dessel-

Digitized by Google

bigen Jahres bemerkte ich, dass er nicht gleichförmig umgeben war, sondern südwärts nebeliger erscheint. Im Jahre 1784 fasste ich die Meinung, dass der Stern mit der Nebelmasse des grossen Orionnebels nicht in Verbindung stehe, sondern einer von den Sternen sei, die in dieser Himmelsgegend umher zerstreut stehen. In den Jahren 1801, 1806 und 1810 ward diese Meinung vollständig bestätigt durch die fortschreitenden Veränderungen, die sich in dem grossen Nebel ereigneten, zu welchem der Nebel, der den Stern umgibt, gehört. Denn die Lichtintensität um den Stern herum war damals beträchtlich vermindert und zwar durch Verdünnung oder Zerstreuung der Nebelmaterie. Es schien nun ziemlich augenscheinlich, dass der Stern weit hinter der Nebelmaterie sich befindet und sein Licht bei dem Durchgange durch dieselbe so zerstreut und abgelenkt wird, dass die Erscheinung eines Nebelsternes entsteht. — Als ich diesen interessanten Gegenstand im December 1810 wiedererblickte, richtete ich meine Aufmerksamkeit besonders auf die kleinen Nebelsterne zu beiden Seiten des grössern. Ich fand sie vollkommen frei von jedem nebeligen Aussehen. Dieses bestätigte nicht allein meine ehemalige Voraussetzung über die grosse Verdünnung der Nebelmassen, sondern bewies auch, dass ihr früheres nebeliges Aussehen lediglich dem Durchgange ihres schwachen Lichtes durch die zwischen ihnen und der Erde befindlichen Nebelmassen zuzuschreiben sei. Den 19. Januar 1811 nahm ich eine andere kritische Untersuchung desselben Gegenstandes mittels des vierzigfüssigen Teleskopes vor. Aber trotz der überwiegenden Lichtstärke dieses Instrumentes, konnte ich keine Spur von zurückgebliebener Nebelichkeit um die kleinen Sterne bemerken; sie erschienen vollkommen klar und in derselben Lage, in welcher ich sie ungefähr vor 37 Jahren mit Nebel umhüllt erblickt hatte. — Wenn demnach das Licht dieser drei Sterne, wie ich nachgewiesen, eine sichtbare Modification bei seinem Durchgange durch die Nebelmaterie erlitten hat, so folgt, dass seine Entfernung von uns geringer ist als diejenige des grössten jener Sterne, den ich 8. oder 9. Grösse schätze. Die grösste Entfernung, in welche wir den zartesten Theil des Orionnebels versetzen dürfen, übersteigt daher nicht die Distanz der Sterne 8. bis 9. Grösse; vielleicht erstreckt sie sich nicht einmal bis auf die Entfernung der Sterne 3. bis 2. Grösse, und folglich muss man annehmen, dass der hellste Theil des Nebels uns noch näher liegt. Meine Beobachtungen über die sehr beträchtlichen Veränderungen in der Gestalt dieses Nebels, ebenso auch seine grosse Ausdehnung, unterstützen diese Ansicht. Denn in entfernten Gegenständen lassen sich nicht so leicht Veränderungen wahrnehmen, als in näheren und zwar wegen des kleinern Winkels, unter welchem sowohl der Gegenstand als seine Veränderungen dem Auge erscheinen. — Im Januar 1783 war das nebelige Aussehen sehr verschieden von dem des Jahres 1780; im September war seine Gestalt wiederum anders als im Januar. In der Absicht, die Frage nach Veränderungen der Nebelmaterie zur sichern Entscheidung zu bringen, wählte ich im März 1811 ein Teleskop von der nämlichen Lichtstärke

Digitized by Google

und Vergrösserung, wie jenes, das ich 37 Jahre vorher benutzt hatte. Die relative Stellung der Sterne war unverändert geblieben, allein die Anordnung der Nebelmaterie fand ich beträchtlich verändert. — Ich verglich auch das gegenwärtige Aussehen dieses Nebels mit der Zeichnung, die Huygens gab. Die 12 Sterne in dieser Zeichnung reichen hin, um die Anordnung des Nebels zur Zeit seiner Beobachtung zu bestimmen. Aus ihrer Lage ergibt sich, dass der Nebel keinen südlichen Zweig besass und ebenso wenig einen nördlichen..... Die Veränderungen, die demnach bereits stattgefunden haben, eröffnen uns eine Aussicht auf diejenigen, welche in Zukunft durch stufenweise Verdichtung der Nebelmaterie herbeigeführt werden..." Herschel hat übrigens Unrecht, die Lichthülle um die drei Sterne nördlich des grossen Nebels, dem Durchgange des Lichtes jener Fixsterne durch die feine, zwischen ihnen und unserm Sonnensysteme im Raume befindliche, Materie des Orionnebels zuzuschreiben, ähnlich wie ein Stern uns von einer Lichthülle umgeben erscheint, wenn er durch feinen Duft in unserer Atmosphäre hindurch blickt. Wäre dies nämlich bei jenen drei Sternen analog der Fall, so müsste man annehmen, dass jenen Nebelhüllen wahre Durchmesser von vielen Millionen Meilen zukämen. Darf man aber annehmen, dass ein Stern, der selbst jenem Nebel als untheilbarer Punkt erscheint, beim Durchgange seines Lichtes durch eben diesen Nebel, dort einen kreisförmigen Lichtschein von so vielen Millionen Meilen Durchmesser erzeugt, dass dieser von der Erde könnte wahrgenommen werden?

Die Beobachtungen, welche der Landmarschall von Hahn mit einem 20füssigen Herschel'schen Reflector über den Orionnebel anstellte, haben unsere Kenntnisse dieses merkwürdigen Gebildes in Nichts gefördert. Das Gleiche gilt von den Beobachtungen Schröter's. Das fortwährende Bestreben, Veränderungen, welche in dem Nebelflecke vor sich gegangen sein sollten, aufzuspüren, musste nothwendig zu Einseitigkeiten führen, so lange noch keine Zeichnung dieses Himmelskörpers vorhanden war, die bis in ihre kleinsten Theile als zuverlässig betrachtet werden durfte.

Erst im Jahre 1824 gab Sir John Herschel eine genauere Zeichnung des Orionnebels und dieser folgte 1847 die herrliche Darstellung desselben, welche sich in der Capreise findet, begründet auf die Beobachtungen am Vorgebirge der guten Hoffnung in den Jahren 1834 bis 1837. Im Jahre 1848 gab William Cranch Bond eine ähnliche Zeichnung (Mem. of the Americ. of Arts et Sciences Vol. III.), begründet auf Beobachtungen mittels des grossen Refractors zu Cambridge. Später haben Otto Struve und besonders Secchi Zeichnungen des Orionnebels geliefert, welche das höchste Interesse in Anspruch nehmen. Leider ist indess trotz aller dieser Arbeiten die Frage nach etwaigen physischen Veränderungen jenes Nebelgebildes, noch immer nicht einwurfsfrei entschieden. Die Veränderungen, welche Struve annimmt, sind nicht ganz sicher; ebenso diejenigen, welche Stone und Carpenter am 11. Januar 1864 bei einem Vergleiche mit den Abbildungen von Sir John Her-

Digitized by Google

schel und Bond zu erkennen glaubten. Herschel's Reflectore haben niemals auch nur eine Andeutung der Auflösbarkeit des Orionnebels verrathen. Erst Lamont's grosser Refractor gab 1837 die erste Ueberzeugung, dass der ganze Nebel aus Sternen bestehe; der Astronom von Bogenhausen glaubte sogar in günstigen Momenten die einzelnen Lichtpünktchen wahrzunehmen. Der 23füssige Refractor von Bond zu Cambridge (V. St.) und Rosse's Riesenteleskop haben den fleckigen Theil, welcher die Huygens'sche Region heisst, in unzählbare Lichtpunkte aufgelöst. Uebrigens sind diese Lichtpunkte keineswegs als Fixsterne zu betrachten; denn die prismatische Lichtanalyse hat nachgewiesen, dass der Orionnebel sich thatsächlich im Zustande eines glühenden Gases befindet.

Der centrale Theil des Orionnebels wird nahezu durch vier hellere Sterne bezeichnet, welche das berühmte Trapez bilden, und die auf dunkelm Grunde rings von hellen Nebelmassen umgeben sind. Herschel der Aeltere, welcher seine astronomische Thätigkeit mit den Distanzmessungen der Sterne des Trapezes begann, hat niemals mehr als vier Sterne dort wahrgenommen. Struve sah 1826 den fünften zwischen γ und δ, der von der 12. Grösse ist; Sir John Herschel und South erblickten 1832 den sechsten von der 13. Grösse, de Vico sah 1839 noch drei andere, der schwächste davon scheint derjenige zu sein, welcher zwischen β und δ steht. Auch Lamont hat zwei Sterne aufgefunden, die zum Trapez gerechnet werden können und neuerdings, am 2. Januar 1862 hat Lassell auf Malta wiederum einen sehr schwachen Fixstern im Trapez wahrgenommen, so dass gegenwärtig die Zahl der Trapezsterne auf einem Raume von etwa vier Quadratminuten 11 oder 12 erreicht. (Vergl. A. Nachr. Nr. 1091). Dieselben sind jedoch von einem und demselben Beobachter noch niemals vereinigt gesehen worden; die grösste Zahl derselben, welche gleichzeitig gesehen wurde, ist 9, beobachtet am 6. Januar 1866 von Huggins. Es ist klar, dass jene kleinen Fixsterne zu den Veränderlichen gehören, aber ihre Helligkeitsschwankungen dürfen deshalb keineswegs ohne Weiteres mit etwaigen Veränderungen des Nebels selbst, in Verbindung gebracht werden. Es ist überhaupt zur Zeit noch durchaus nicht entschieden, ob die Sterne des Trapezes physisch zum Orionnebel gehören, oder sich bloss optisch auf ihm projiciren.

Bond hat bei seinen wichtigen und umfassenden Untersuchungen über den Orionnebel, auch die Veränderlichkeit von zwei Sternen in Abständen von 10,4′ und 10′ vom Trapez, in Gegenden, wo sich nur verhältnissmäs ig wenig Nebelmasse zeigt, nachgewiesen. Nach der von Safford vorgenommenen Reduction der Beobachtungen, variiren jene beiden Sterne zwar nur zwischen den Grössen 10,8 und 12. Argel., aber diese Veränderungen haben sich mehrfach wiederholt und sind unabhängig von Bond selbst und Safford beobachtet, so dass an ihrer Realität gar nicht gezweifelt werden kann. Trotz langer und möglichst ununterbrochen fortgesetzter Beobachtungen, ist es aber weder bei diesen beiden

Digitized by Google

Sternen noch bei den in der Huygens'schen Region belegenen, gelungen, eine Periodicität nachzuweisen.

Obgleich Cysat schon 1618 des Orionnebels gedenkt, bemerkte doch erst 38 Jahre später Huygens einzelne Sterne des heutigen Trapezes, nämlich die drei hellsten α, β, γ. Dass Cysat des Trapezes nicht erwähnt, spricht keineswegs dafür, dass die Sterne α, β, γ zur Zeit als er den Orionnebel sah, ihre spätere Helligkeit noch nicht gehabt hätten. Denn einestheils erwähnt der Luzerner Jesuit des Nebels nur beiläufig, um ein gewisses Aussehen des Kometen von 1618 bis 1619 zu charakterisiren; anderntheils aber war das von ihm angewandte Fernrohr gewiss zu schwach, wie daraus hervorgeht, dass noch 1663 der Pfarrer Caspar Schmutz der Züricher Regierung ein 12füssiges terrestrisches Fernrohr übermachte, das wegen seiner ungewohnten Grösse und Güte in der Bürgerbibliothek „inn einem beschlossenen gehalter verwahrt vffbehalten, vnd niemandem by der Herren Bibliothecariorum Pflichten vss der Wasser Kirchen an andere orth hinvssgegeben werden, es begehre es dann etwam ein Astronomus by nacht zu bruchen..." Ein solches Fernrohr zeigt aber keineswegs das Trapez. Sicherer ist die Lichtzunahme des Sternes δ, den Cassini in Bologna 1666 entdeckte; ihn zu sehen hätte Huygens' 23füssiger Refractor ausgereicht. Dom. Cassini zählte daher auch die Entdeckung von δ im Trapez zu den anerkannten Veränderungen, welche im Nebel des Orion stattgefunden. Die gegenwärtigen Helligkeiten der vier Hauptsterne des Trapezes, sind nach meinen Bestimmungen im Jahre 1867: $\alpha = 4{,}5$. Grösse, $\beta = 6$. Grösse, $\gamma = 6{,}7$. Grösse, $\delta = 9$. Grösse. Letzterer Stern, den man früher als 8. Grösse angab, hat gewiss an Helligkeit abgenommen.

Die Beobachtungen, welche Lord Rosse über den Orionnebel angestellt, sind nebst einer herrlichen Zeichnung des Objects (in doppelter Ausführung, einmal schwarz auf weissem Grunde, dann weiss auf schwarzem Grunde) im 158. Bande der Phil. Trans. of the Royal Society publicirt worden.

Die Zeichnungen entsprechen der Periode von 1860 bis 1864 und sind von Lord Rosse's damaligem Assistenten Hunter unter abwechselnder Benutzung des Spiegels von 3 und von 6 Fuss Durchmesser auf der Sternwarte von Parsonstown ausgeführt worden. „Ueber die Genauigkeit dieser Zeichnungen," sagt Struve, „dürfte sich wohl Niemand berechtigt halten, ein bestimmtes Urtheil auszusprechen, der nicht mit einem wenigstens annähernd gleich lichtstarken Fernrohre dasselbe Object betrachtet hat." Obgleich Struve zu seinen Beobachtungen des Orionnebels den Pulkowaer grossen Refractor benutzt hat, also ein Instrument, dem an Lichtstärke nur wenig andere gleichkommen, so hält er dasselbe hierin doch so sehr dem Rosse'schen grossen Teleskope untergeordnet, dass er sich über jenen Punkt keine bestimmte Meinung abzugeben erlaubt. Struve beschränkt sich darauf, zu erklären, dass in dem Pulko-

Digitized by Google

waer Refractor die Umrisse und die einzelnen Gestaltungen viel weniger scharf hervortreten, als in Lord Rosse's Zeichnung.

Bezüglich der Grenzen, bis zu welchen die Nebelmaterie hat verfolgt werden können, hat der Parsonstowner Reflector nicht erheblich mehr geleistet, als die Refractore, deren sich Bond in Cambridge (V. St.) und d'Arrest in Copenhagen bedient haben. Nach den Beobachtungen Sir John Herschel's am Cap erscheint der Hauptnebel, wenigstens so weit bestimmte Formen an demselben erkannt werden konnten, auf einen Raum des Himmels an 0,22 Quadratgrad beschränkt. Allein die Nebelmaterie erstreckt sich mit unbestimmten Formen viel weiter, so dass Bond's Beobachtungen sich auf einen Raum von 3,36 Quadratgraden zwischen den Grenzen von $\pm$ 2^m 15′ in Rectascension und $\pm$ 1° 30′ in Declination um θ Orionis herum beziehen. Die Nebelmassen um c und ι Orionis erscheinen sowohl in den Zeichnungen von Rosse wie von Bond in ununterbrochenem Zusammenhange mit dem Hauptnebel im θ; besonders wird nach den Wahrnehmungen von Bond die Verbindung zwischen den Nebeln um c und θ Orionis durch drei getrennte Nebelstreifen hergestellt. Diesen Zusammenhang hat der ältere Herschel ebenfalls angenommen, aber er scheint von ihm mehr geahnt als sicher erkannt worden zu sein.

G. P. Bond hat beim Orionnebel zuerst die spiralförmige Structur einzelner Theile desselben erkannt und in seiner Zeichnung wiedergegeben. Jene Formation erscheint in gekrümmten, schmalen Nebelstreifen, von denen oft mehrere sehr nahe von einem Centrum ausgehen, sich immer mehr und mehr davon entfernen und durch dunkle Intervalle von der übrigen Nebelmasse getrennt sind. Diese Formen sind in der frühern Zeichnung von Herschel sowohl als in Rosse's Darstellung nicht zu bemerken. Bond schreibt dies dem Umstande zu, dass man überhaupt auf dieselben früher noch nicht die Aufmerksamkeit gerichtet habe, doch möchte diese Erklärung allerdings nur zum Theil als hinreichend zu betrachten sein. Rosse macht in der, seiner Zeichnung beigefügten Abhandlung darauf aufmerksam, dass um einige Sterne herum die nebelige Materie gewissermaassen absorbirt zu sein scheine, während an anderen Stellen eine Anhäufung derselben um einzelne Sterne stattfinde. Aus diesen Wahrnehmungen schliesst er auf einen physischen Zusammenhang zwischen den Sternen und dem Nebel, analog wie dies bereits früher von dem ältern Herschel geschehen ist. An einzelnen Theilen vermuthet Lord Rosse Veränderlichkeit in Glanz und Form des Nebels. Was die Auflösbarkeit des Orionnebels anbelangt, so ist die frühere Ansicht, der ältere Lord Rosse habe den Nebel gegen 1850 als Sternhaufen wahrzunehmen vermocht, eine irrige gewesen. Vielmehr ist es erst dem Observator Hunter in den Jahren 1861 bis 1864 gelungen, verschiedene Theile der Huygens'schen Region aufzulösen. Unter Auflösbarkeit scheint jedoch nur das zeitweilige Erscheinen schwach leuchtender Punkte an Stellen des Nebels gemeint zu sein, wo in der Regel keine Sterne

Digitized by Google

notirt sind, aber nicht etwa das vollständige Auflösen eines oder des andern Theils des Nebels in Sternhaufen, deren einzelne Componenten durchweg deutlich erkannt werden konnten.

Die umfassendsten Arbeiten über den Orionnebel sind unstreitig diejenigen, denen der thätige G. P. Bond die letzten Jahre seines Lebens gewidmet hat. Sie sind im 5. Bande der Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College 1867 von J. H. Safford herausgegeben worden. Verschiedenes aus dieser wichtigen Arbeit wurde schon oben bei Besprechung von Rosse's Beobachtungen erwähnt. Sie zerfällt in 6 Sectionen, von welchen die 3., 4. und 5. den Generalcatalog aller in der Nähe von ϑ, ι und c Orionis stehenden, im Cambridger Refractor sichtbaren Sterne, die Bestimmungen ihrer Helligkeit und Beobachtungen der physischen Beschaffenheit des Nebels enthalten. Der Catalog der, auf ϑ Orionis bezogenen, Positionen enthält 1101 Sterne, die alle noch in Gegenden liegen, in welchen Nebelmaterie am Cambridger Refractor als in Verbindung mit dem Hauptnebel stehend erkannt ist, während z. B. der von Otto Struve 1862 herausgegebene, auf Liapunow's Beobachtungen begründete am Pulkowaer Refractor verificirte und vervollständigte Catalog nur 155 Sterne aufweist. Inzwischen erstrecken sich diese letzteren nur über denjenigen Theil des Hauptnebels, der durch Sir John Herschel's Capbeobachtungen begrenzt ist, während Bond's Catalog in Uebereinstimmung mit W. Herschel's und seinen eigenen Wahrnehmungen über die weitere Verbreitung der Nebelmaterie, einen beiläufig fünfzehn Mal so grossen Raum umfasst. Bei nahezu gleichmässiger Vertheilung der Sterne, dürfte, im Verhältniss des bearbeiteten Raumes und der Anzahl der Bond'schen Bestimmungen, bei der vollkommen gleichen optischen Kraft der Cambridger und Pulkowaer Refractore, der Struve'sche Catalog nur 72 Sterne enthalten. Da derselbe nun unerachtet der ungünstigeren Bedingungen, unter welchen das Pulkowaer Instrument in diesem Falle zu arbeiten hatte, mehr als die doppelte Anzahl (155) Sterne aufweist, so spricht sich darin eine Abhängigkeit zwischen der Anzahl der Sterne und der Intensität des Nebels aus, welche ein bedeutendes Argument für den physischen Zusammenhang der Nebelmaterie und vieler in derselben sichtbaren Sterne abgibt, falls in der That Bond allen Theilen des von ihm bearbeiteten Raumes denselben Grad von Aufmerksamkeit durchweg zugewandt hat, wie dem Centralnebel. (Vergl. Vierteljahrschrift d. Astr. Ges. III. Bd., S. 29 u. ff.; V. Bd., S. 25 u. ff.)

Der Nebel in der Andromeda (AR. 0^h $35\,1^m$ NP. D. 49^0 30' f. 1860). Die grosse Axe dieses Nebelfleckes umfasst $2{,}5^0$, die kleine 1°; jene ist von Nordwest nach Südost gerichtet. Messier hat diesen Nebel fleissig und mit verschiedenen Fernrohren beobachtet, aber keinen Stern darin wahrnehmen können. Er fand ihn gegen die Mitte zu stark verdichtet. Lamont sah ihn ebenso und unterschied bei Anwendung eines 1200fachen Vergrösserung mehrere fleckige Stellen um den 7″ grossen

Digitized by Google

Kern herum, was er schon 1836 als ein sicheres Zeichen der Auflösbarkeit betrachtete. Der grosse Refractor zu Cambridge in Nordamerika hat in der That im März 1848 den Nebel in eine Unzahl von kleinen Sternchen, deren anderthalb Tausend gezählt wurden, aufgelöst, gleichzeitig aber auch zwei dunkle Streifen gezeigt, welche fast parallel das Ganze durchziehen und in zwei Hälften trennen, von denen die eine einen fast kreisrunden und einen länglichen, hellen Fleck zeigt, während in der andern Hälfte ebenfalls ein lichter Fleck steht, der in dem grossen Refractor von Bond fast genau das selbe Aussehen besitzt, wie der ganze Nebelfleck in den schwachen Ferngläsern von Simon Marius einst gezeigt hatte. (Mem. of the Americ. Acad. Vol. III, p. 75).

Der Nebel bei η Argus. Derselbe bedeckt etwa $^1/_7$ eines Quadratgrades des Himmels. Der jüngere Herschel hat während seines Aufenthalts am Cap eine ausgezeichnete Abbildung desselben geliefert und um diesen Nebel herum die Positionen von 1216 Sternen 7. bis 16. Grösse bestimmt, die allem Anscheine nach nur optisch mit demselben im Zusammenhange stehen. Die äussere Gestalt des Nebels ist sehr unregelmässig, doch lassen sich zwei Haupttheile unterscheiden, die durch eine schmale, nicht sehr helle Nebelbrücke mit einander verbunden sind. Im nördlichen Theile, rings von dichtem Nebel umgeben, befindet sich der Stern η Argus, auf dessen Veränderlichkeit schon Halley aufmerksam wurde. Eine ältere Beobachtung desselben, von Pater Noel auf den Jesuitencollegien zu Rachol und Macao, zwischen 1685 und 1689 angestellt, hat Winnecke im 6. Bande des Amsterdamer Nachdrucks der Memoiren der alten Pariser Akademie aufgefunden. Die Helligkeitsschätzungen Noel's und Halley's sind für die Sterne ι, $\varkappa$, μ, ϑ Argus sehr gut übereinstimmend; η Argus erscheint indess bei Pater Noel als von der 2. Grösse aufgeführt (A. N. Nr. 1224). Dieser merkwürdige Stern verändert, den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen zufolge, seine Helligkeit um viele Grössenclassen: bisweilen plötzlich, wie im December 1837, wo ihn Herschel am Cap beobachtete, bisweilen nur langsam im Laufe vieler Jahre. Die nachstehende Zusammenstellung der Beobachtungen über η Argus deutet keinerlei feste Periode im Lichtwechsel dieses Sternes, dessen Position für 1860,0: AR. $10^h\ 39^m\ 36{,}8^s$, NP. D. $148^0\ 56'\ 44{,}8''$ ist, an. (Vergl. indess A. N. Nr. 1420.)

Digitized by Google

Beobachter	Zeit der Beobachtung	Helligkeit von η Argus
Pater Noel	1685 bis 1689.	2. Grösse.
Halley	1677.	4. „
Lacaille	1751.	2. „
Burchell	1811 bis 1815.	4. „
Fallows	1822.	2. „
Brisbane	1822 bis 1826.	2. „
Burchell	1827. Februar 1.	1. „ = α Crucis.
„	1823. Februar 29.	2. bis 1. Grösse.
Johnson	1829 bis 1833.	2. Grösse.
Taylor	1832 bis 1833.	2. „
J. Herschel	1834 bis 1837.	1. bis 2. Grösse.
„	1838. Januar 2.	fast α Centauri gleich.
Maclear	1842. März 19.	kleiner als α Crucis.
„	1843. April.	fast dem Sirius gleich.
Mackay	1843. April 11. bis 14.	heller als Canopus.
Gillis	1850. Februar.	fast Canopus gleich.
F. Abbot	1856.	fast α Centauri gleich.
„	1858. Februar 10.	fast β Crucis gleich.
„	1858. März 6.	fast γ Crucis gleich.
„	1858. Mai 28.	kleiner als γ Crucis.
„	1859. Juli 6.	$\varkappa$ Argus (3. Grösse) gleich.
„	1860. November 2.	δ Crucis kaum gleich η Argus.
„	1861. März 21.	δ Crucis heller als η Argus.
„	1861. April 8. bis 13.	ε Crucis heller als η Argus.
Mösta	1865. Februar.	η von der 6. Grösse.

Die Beobachtungen von Abbot auf der Privatsternwarte Hobart Town bezeichnen seit dem Jahre 1858 den merkwürdigen Stern als matt, schlecht begrenzt, wie zum Auslöschen, und schliesslich im Jahre 1861 als mit einem schwachen, milchigen Scheine umgeben. Schon im Jahre 1850 hatte Gillis den Stern als röthlichgelb, von dunklerer Farbe wie Mars beschrieben. Man kann an einen gleichzeitigen Zusammenhang des Lichtwechsels mit physischen Veränderungen in dem grossen Nebel denken; aber es scheint wahrscheinlicher, dass die Helligkeitsschwankungen von η Argus ganz unabhängig von dem grossen Nebel vor sich gehen und dass dieser Stern, im Sinne der geistreichen Hypothese Zöllner's über die Entwickelungsstadien der Weltkörper, in einer der letzten Phasen seiner Existenz als selbstleuchtender Sonne, sich befindet. (Vergl. Proc. Roy. Soc. Nr. 117.)

Der grosse Nebelfleck selbst erscheint von körniger Textur, im all-

Digitized by Google

gemeinen ein sicheres Zeichen der Auflösbarkeit. Den grossen Reichthum der Himmelsregionen in der Nachbarschaft des Nebelfleckes an Sternen, ergeben folgende Aichungen des jüngern Herschel:

Rectascension.	Zahl der Sterne im Gesichtsfelde des Teleskops.
9h 38m	93
9 50	125
10 10	106
10 26	144
10 30	224
11 24	250
11 35	140

Sir John Herschel berechnet hiernach, dass in diesem Theile der Milchstrasse in zwei Stunden 147 500 Sterne das Gesichtsfeld seines Teleskops passiren mussten.

Es ist hier der Ort, wenigstens beiläufig zweier Erscheinungen am Himmelsgewölbe zu gedenken, welche, wie Humboldt sich ausdrückt, die landschaftliche Anmuth der südlichen Himmelsgefilde erhöhen, deren Stellung zum Universum für uns aber noch sehr räthselhaft ist. Die beiden Magelhanischen Wolken, welche in ungleichen Abständen um den sternleeren, verödeten Südpol kreisen, zeigen sich dem unbewaffneten Auge wie abgerissene Stücke der Milchstrasse; aber sie sind keineswegs unmittelbar von derselben Natur, sondern wundervolle Aggregate von Sternen, Nebelflecken und Sternhaufen, wie sich ähnliche am ganzen Himmel nicht wiederfinden. An Grösse und Glanz sind die beiden Wolken wesentlich von einander verschieden; die eine umfasst 42, die andere nur 10 Quadratgrade des Himmels, und während jene auch bei Vollmondscheine noch erkennbar bleibt, verschwindet diese im Mondlichte für das blosse Auge ganz. Der grossen Wolke wird zuerst von Abdurrhaman Sufi gedacht. „Unter den Füssen der Sichel," (d. h. des Canopus), sagt er, „steht, wie Einige behaupten, ein weisser Fleck, den man weder in Irak (in der Gegend von Bagdad) noch in Nadsched (im nördlichen Arabien) sieht, und den man in Tehama (einer Landschaft des glücklichen Arabiens an der Küste des rothen Meeres) El-baker, den Ochsen, nennt" (Ideler Ursprung d. Sternnamen S. 262). Die Wichtigkeit des Handelsweges nach Ostindien um das Cap ist es wahrscheinlich gewesen, welche zuerst die Benennung Capwolken, als merkwürdiger auf den Capreisen sichtbarer Himmelserscheinungen, hervorrief, während der glänzende Ruf und die lange Dauer der Magelhanischen Weltumsegelung den Namen Magelhanische Wolken ausbreitete (Kosmos III, S. 344, 346). Mit diesen lichten Wolken contrastiren die schwarzen Flecke, dunkle, sternleere Räume des südlichen Himmels, deren bereits Petrus Martyr d'Anghieri gedenkt. Die dunkeln Flecke im südlichen Kreuze (von den englischen Seefahrern Coal-bags, Kohlensäcke, genannt) haben

Digitized by Google

eine birnförmige Gestalt, 8° Länge und 5° Breite. Nach Sir John Herschel's Untersuchungen mittels des zwanzigfüssigen Teleskops, findet hier doch kein absoluter Sternmangel statt, indem ein Stern 6,5. Grösse von zahllosen teleskopischen Sternen 13. bis 14. Grösse umgeben ist. Aehnliche schwarze Flecke in der Karlseiche sind weder von Rümker noch von Sir John Herschel aufgefunden worden. Mit Recht, wie es scheint, wird dem Contraste der Sternleere mit dem Glanze der Milchstrasse, die Schwärze des Himmelsgrundes zugeschrieben. Horner bemerkt charakteristisch, man könne sich beim Anblick der schwarzen Flecke nicht der Vorstellung erwehren, dass die hellen Wolken einst ihre Stellen eingenommen.

Die wundervolle Mannigfaltigkeit des siderischen Inhalts beider lichten Wolken, ist erst durch die Untersuchungen Sir John Herschel's während seines Aufenthalts am Cap, in das richtige Licht gestellt worden. Alle früheren, mit schwachen Instrumenten angestellten Durchmusterungen, hatten kaum eine Ahnung der reichen Zusammensetzung dieser merkwürdigen Gebilde gegeben, ja, wie Herschel hervorhebt, war sogar die Rectascension der kleinen Wolke um eine ganze Stunde unrichtig aufgeführt worden.

Der grosse Nebel im Schwan (AR. 20ʰ 50,6ᵐ NP. D. 58° 50′ f. 1860) ist ausgezeichnet durch seine Grösse und Verzweigung. Nach W. Herschel dehnt er sich in der Richtung des Meridians 52 Minuten, in derjenigen des Parallels aber 1,5° aus und zeigt drei oder vier hellere Stellen. Der östliche Theil sondert sich in mehrere Ströme und Windungen, die sich südwärts wieder vereinigen. Die ganze Umgebung ist mit höchst feinem Nebel erfüllt und die Sterne der Milchstrasse stehen darüber zerstreut wie über die übrigen Theile des Himmels.

Der Nebelfleck im Fuchse (AR. 19ʰ 53,5ᵐ NP. D. 67° 40′ f. 1860) wurde von Messier als ovaler Nebel ohne Sterne beschrieben, der mit einem Fernrohre von $3^1/_2$ Fuss Brennweite gut zu sehen sei und 4 Minuten Durchmesser besitze. Die beiden Herschel haben später Abbildungen dieses merkwürdigen Nebels gegeben, wonach dessen Ausdehnung 7 bis 8 Minuten beträgt. Sir John Herschel war der Ansicht, dass dieser Nebel eine wirkliche, um ihre Axe rotirende Nebelmasse sei; Rosse's Teleskop hat indess später das Ganze in Sterne aufgelöst, die freilich mit Nebel gemischt erschienen. Man hat es hier also wahrscheinlich mit Nebelbällen zu thun, wie beim Orionnebel.

Der Nebel in den Plejaden ward am 19. October 1859 von Tempel in Venedig entdeckt. (A. N. Nr. 1290). Goldschmidt hat ihn später genau untersucht und fand, dass eine nebelige Materie die ganze Gruppe der Plejaden umgibt. Der Nebelfleck der Merope erstreckt sich von diesem Sterne, der gleichsam den Kopf bildet, nach Südwest,

Digitized by Google

jedoch sind die Grenzen schwer zu bestimmen. Goldschmidt betrachtet diesen Nebelfleck als einen kleinen Theil der kosmischen, leuchtenden Materie, die sich in Gestalt eines Bogens gegen Süden hin erstreckt und eine beträchtliche, schwarze Lücke zwischen den Sternen Merope und Atlas lässt. Die helleren Sterne der Plejaden befinden sich auf vollkommen nebelfreiem Grunde, und nur bei dem Sterne Merope scheint der Nebel näher heranzutreten, welcher sich, gleich demjenigen im Orion, über einen grossen Raum erstreckt. D'Arrest hält diesen Nebel für vielleicht veränderlich (A. N. Nr. 1393); bestimmter spricht dies Schmidt aus (A. N. Nr. 1391), der seit 1841 die Plejaden häufig und mit lichtstarken Instrumenten untersuchte, ohne eine Spur von Nebel vor 1861 Februar 5 zu erkennen.

Der Spiralnebel im nördlichen Jagdhunde (AR. 13^h 23,9^m NP. D. 42^0 5′ f. 1860). Derselbe wurde von Messier am 13. October 1773 unter dem Sterne η im grossen Bären gefunden und als ein Nebel ohne Sterne beschrieben, der nur schwer mit einem $3^1/_2$füssigen Fernrohre gesehen werden könne. Messier bezeichnet ihn als doppelt, jeden Theil mit einem glänzenden Centrum und 4′ 35″ Durchmesser. Die zwei Atmosphären berührten sich, doch sei die eine schwächer als die andere. Der ältere Herschel beschreibt das Gebilde als einen hellen, runden Nebel, der von einem Hofe umgeben ist und in einiger Entfernung von einem andern Nebel begleitet wird. Sir John Herschel glaubte an der südwestlichen Seite des umgebenden Nebelhofes eine Trennung in zwei Arme zu erkennen und machte darauf aufmerksam, dass der ganze Nebel ein treues Bild unserer Fixsternschicht und der sie umgebenden Milchstrassenringe darstelle. Alle diese unvollkommenen Wahrnehmungen haben die Beobachtungen mittels des Rosse'schen Riesenteleskopes beseitigt. Es ergab sich, im Frühlinge 1845, dass jener Nebel keineswegs in Wirklichkeit ein Bild der Milchstrasse darstellt, dass er auch nicht von einem, stellenweise in zwei Arme getheilten, Ringe umgeben ist, sondern dass er sich in hinreichend kräftigen Instrumenten als eine leuchtende Spira, als ein schneckenartig gewundenes Tau, darstellt, dessen Windungen uneben erscheinen und an beiden Extremen, im Centrum und auswärts, in dichte, körnige, kugelrunde Knoten auslaufen.

Analoge Gebilde hat Rosse's Teleskop noch mehrfach gezeigt. Schon der ältere Herschel hat die Existenz solcher Gestaltungen geahnt. In seiner grossen Abhandlung von 1811, wo er von ausgedehnten Nebeln, die den Fortschritt der Verdichtung zeigen, spricht, sagt er: „Wenn die Nebelmaterie sehr ausgedehnt ist, so findet sich bei denjenigen Nebeln, die einen vollkommen ausgebildeten Kern haben, das Neblige zu beiden Seiten desselben, in einem weit feinern (lichtschwächern) Zustande, als bei den Nebeln, deren Kerne scheinbar in einem Zustande des Entstehens begriffen sind. Diese zarten, entgegengesetzten Anhängungen an den Kern habe ich bei meinen Beobachtungen die Zweige genannt. Bei wenigen Nebeln ist auch noch eine kleine, zarte Neblichkeit von runder Ge-

Digitized by Google

stalt um den Kern herum, diese nannte ich Mähne. Nr. 65 des Messier'schen Cataloges ist „ein sehr heller Nebel; er dehnt sich aus nach der Richtung des Meridians, und ist etwa 12 Minuten lang. Er hat einen hellen Kern, dessen Licht plötzlich an seinem Rande abnimmt, und zwei entgegenstehende, sehr lichtschwache Zweige." I. 205 ist „ein sehr heller Nebel, 5 bis 6 Minuten lang, 3 oder 4 Minuten breit; er hat einen kleinen hellen Kern, mit einer zarten Mähne umher, und zwei entgegenstehende, sehr gedehnte Zweige." Der Bau dieser Nebel ist verwickelt und geheimnissvoll; in dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntniss möchte es anmaassend sein, eine Erklärung desselben zu wagen; wir können nur einige wenige entfernte Ansichten fassen, welche uns doch zu folgenden Fragen führen. Sollte die Lichtschwäche der Zweige von einer allmäligen Abnahme der in ihnen enthaltenen Nebelmaterie in Länge und Dichtigkeit herrühren, veranlasst durch die Anziehung des Kerns, auf welchen sie sich wahrscheinlich niedersenkt? Sind diese lichtschwachen, nebeligen Zweige um den Kern, in einem ungeheuren Maassstabe etwa ähnlich dem, was unser Zodiakallicht der Sonne in verkleinertem Bilde ist? Deutet die Mähne etwa darauf hin, dass vielleicht ein Theil der Nebelmaterie, ehe sie in den Kern sich niederlässt, anfängt, eine sphärische Gestalt anzunehmen und so das Aussehen einer feinen Mähne gewinnt, die den Kern in concentrischer Anordnung umgibt? Und — wenn wir es wagen dürften, diese Fragen noch weiter auszudehnen — wird nicht die Materie dieser Zweige, indem sie während ihres Herabstürzens gegen den Kern ihre Substanz in die Mähne entladet, eine Art Wirbel oder umschwingende Bewegung hervorbringen? Muss nicht solch' eine Wirkung eintreten, ausser wenn wir, im Widerspruch mit der Beobachtung, annehmen, ein Zweig sei genau gleich dem andern; dass beide genau in einer geraden Linie liegen, die durch den Mittelpunkt des Kernes geht, dadurch, dass sie genau einen gleichen Stern verursachen, der in die Mähne an entgegengesetzten Seiten eintritt; und da dies nicht wahrscheinlich ist, sehen wir nicht eine natürliche Ursache, die einem Weltkörper gleich bei seiner Bildung umwälzende Bewegung ertheilen kann?"

Ausser dem Spiralnebel in dem nördlichen Jagdhunde sind noch folgende merkwürdige Nebel dieser Art aufzuführen:

AR. (für 1860,0)		NP. D.		
12^h	$11{,}7^m$	74^0	$48'$	Messier Nr. 99.
12	15,8	73	24	von Méchain am 15. März 1781 entdeckt und als sehr lichtschwacher Nebel ohne Sterne beschrieben.
13	29,1	119	10	von Lacaille entdeckt und von Messier als äusserst matter Nebel beschrieben.
13	30,5	107	10	II. 297 des W. Herschel'schen Catalogs.

Der Ringnebel in der Leyer (AR. 18^h $48{,}3^m$ NP. D. 57^0 $9'$ f. 1860), wurde 1779 von D'Arquier zu Toulouse bei Gelegenheit der

Digitized by Google

Beobachtung des Bode'schen Kometen entdeckt. Messier beschreibt ihn als einen runden Lichtflecken, von dem man vermuthen möchte, dass er aus Sternen bestehe, obgleich die besten Fernrohre diese nicht zu zeigen vermöchten. W. Herschel hat zuerst einzelne Sterne in dem elliptischen Ringe erkannt, später haben ihn Rosse und Bond aufgelöst. Auch Chacornac hat mittels des grossen Foucault'schen Spiegelteleskopes erkannt, dass dieser Nebel aus einer ungeheuren Menge sehr kleiner Sterne besteht, deren hellste an den Endpunkten der kleinen Axe stehen (A. N. Nr. 1368).

Im Ganzen sind von eigentlich ringförmigen Nebeln vier bekannt, nämlich ausser demjenigen in der Leyer noch folgende:

AR. (für 1860,0)		NP. D.		
17^h	$12{,}7^m$	128^0	20′	
17	20,8	113	38	von W. Herschel am 21. Mai 1784 als planetarische Scheibe von 40″ bis 50″ Durchmesser beobachtet.
20	10,6	59	52	

Der Omeganebel. Von Messier unvollkommen gesehen und als ein sehr lichtschwacher, spindelförmiger Nebelstreifen, ähnlich demjenigen in der Andromeda, beschrieben. Der von Herschel dem Nebel beigelegte Name bezieht sich auf dessen Gestalt, welche in der That mit einem griechischen Omega einige Aehnlichkeit hat. Die einzelnen Theile sind jedoch von sehr ungleicher Lichtstärke; Messier hat nur den vorausgehenden, hellen Arm bemerkt; erst der ältere Herschel vermochte den ganzen Nebel wahrzunehmen. Der jüngere Herschel fand den Lichtknoten im östlichen Theile des hellen Armes auflösbar. Lamont, der den Nebel aufmerksam untersuchte, hat in unmittelbarer Nähe desselben 35 Sterne gefunden, von denen 9 in Herschel's Zeichnung fehlen. Der Astronom von Bogenhausen zweifelt nicht daran, dass der Nebel aus einer Masse sehr entfernter Sterne besteht; doch hält er es wegen der höchst unregelmässigen Gestalt nicht für wahrscheinlich, dass das Ganze ein System bilde, vielmehr glaubt er, dass wir hier eine Menge Systeme, theils neben einander, theils bloss optisch auf einander projicirt sehen.

Der Ort des Nebels ist (für 1860): AR. 18^h $12{,}6^m$, NP. D. 106^0 14′.

Nebel im Schwan (H. 2051) AR. 19^h $41{,}1^m$, NP. D. 39^0 50′ (für 1860).

Vom ältern Herschel am 6. September 1793 entdeckt und zu den Nebeln gezählt, von denen er glaubt, dass sie allmälig sich der Periode der letzten Verdichtung nähern. Der grosse Beobachter gibt folgende Beschreibung dieses Objectes, welches ein Zwischenglied zwischen Nebelsternen und planetarischen Nebeln ist: „Ein heller Punkt, etwas gedehnt, wie zwei Punkte nahe aneinander, einem Sterne 8. oder 9. Grösse an Helligkeit vergleichbar, erscheint von einem hellen, milchigen Nebel um-

Digitized by Google

grenzt, der plötzlich scharf abschneidet und ganz das Ansehen eines planetarischen Nebels mit hellem Centrum hat. Der Rand ist übrigens nicht sehr gut begrenzt. Er ist vollkommen rund und ich schätze seinen Durchmesser auf $^1/_2$ Minute. Er ist ein Mittelding zwischen einem planetarischen Nebel und einem nebeligen Sterne; ein schöner Gegenstand."

Ueber die Bildung dieser nebeligen Massen bemerkt Herschel: „In Beziehung auf die planetarischen Scheiben mit centralen hellen Punkten, können wir annehmen, dass die Nebelmasse in dem ursprünglichen Zustande ihrer Ausbreitung sehr ungleich verbreitet war, und dass sie die verschiedenen Zustände ausgedehnter Nebel durchlief, stufenweise Kern, Mähne und Zweige erhaltend. Denn in den Nebeln dieser Art ist die Anlage eines Kernes schon sehr weit fortgeschritten, während eine beträchtliche Menge Nebelmaterie — wegen ihrer grössern Entfernung vom Mittelpunkte — noch in den Zweigen ohne Bildung ruht. Erhält dann die Verdichtung im Kerne die Oberhand, so wird ein Zustand grosser Solidität und ein Maximum von Glanz eintreten, wenn das Uebrige der Nebelmasse sich zum planetarischen Aussehen gebildet hat."

Die planetarischen Nebel haben die Aufmerksamkeit von William Herschel lange und anhaltend auf sich gezogen und seine rege Phantasie lebhaft beschäftigt. Die drei Verzeichnisse von Nebelflecken, welche er in den Jahren 1786, 1789 und 1802 der Königlichen Gesellschaft übergab, enthalten, einige Uebergangsformen mitgerechnet, 78 planetarische Nebel; während der Nebelfleckcatalog des Südhimmels in der Capreise des jüngern Herschel deren nur 14 aufführt, nämlich die Nummern: 3093, 3095, 3100, 3149, 3228, 3241, 3242, 3248, 3365, 3541, 3594, 3675. Obgleich die neueren Beobachtungen, besonders des Lord Rosse und Huggins' spectralanalytische Untersuchungen, gezeigt haben, dass Herschel's planetarische Nebel sehr heterogene Bildungen umfassen: so scheint doch gerade diese Classe von Objecten geeignet zu sein, mit der Zeit neue und wichtige Aufschlüsse sowohl über die Art und Weise der fortschreitenden Bildung, als der Stellung der Nebelflecke im Universum, zu gewähren.

Aus den Herschel'schen Verzeichnissen hebe ich folgende wichtigere Objecte, welche zu den planetarischen Nebeln zählen, geordnet nach der Zeitfolge ihrer Entdeckung, und auf 1860,0 reducirt, hier hervor.

Der planetarische Nebel im Wassermann. AR. $20^h\ 56^m\ 31{,}2^s$. NP. D. $101^0\ 55'\ 4{,}8''$. Von Herschel am 7. September 1782 entdeckt und als helle, beinahe runde, planetarische, nicht scharf begrenzte Scheibe bezeichnet. Der Fleck ist von elliptischer Form und hellbläulicher Farbe. Bei 285facher Vergrösserung erkannte Lassell auf Malta eine leichte Verlängerung, welche vielleicht einem sechsten, an dem einen Endpunkte der grossen Axe des Nebels stehenden Sterne angehören konnte. Wurden die stärksten Vergrösserungen von 760 bis 1480 Mal unter den günstigsten Umständen angewandt, so zeigte sich im Innern des Nebelfleckes

Digitized by Google

ein brillanter elliptischer Ring, vollkommen scharf und ohne Zusammenhang mit dem umgebenden Nebel, der gleich einem Schleier von der feinsten Gaze jenen bedeckt. Im südwestlichen Theile ist die Helligkeit des Ringes etwas bedeutender als in den übrigen Parthien. Die Breite desselben ist übrigens verschieden von derjenigen, welche der Saturnsring für den Anblick von der Erde aus darbietet, sie ist nämlich allenthalben gleich. Die Dimensionen für die grosse und kleine Axe finden:

Struve . .	25″	und 17″
Lamont . .	24,5	„ 18,3
Lassell . .	26	„ 17.

Dieser Nebel bietet ein merkwürdiges Beispiel der Schwierigkeit, mit welcher die Beobachtung dieser Objecte verbunden ist. Der ältere Herschel erblickte den Nebel meist als bleiche, runde Scheibe, nur in günstigen Momenten von ovaler Form, indem alsdann ein höchst feiner, dicht am Südrande sich hinziehender Nebelstreif sichtbar wurde. Lamont bemerkte mit dem achtzehnfüssigen Refractor der Bogenhauser Sternwarte diesen Nebelstreif zuerst mit Bestimmtheit und erkannte den elliptischen Ring, welcher den innern, minder hellen Raum umschliesst. Dasselbe findet auch Rosse in dem mächtigen Parsonstowner Teleskope, und bemerkte dieser Beobachter noch feine Nebelstreifen an den beiden Endpunkten der grossen Axe der Ellipse.

AR. 12^h 26^m 3,3′, NP. D. 89° 8′ 56,6″.

Nebel in der Jungfrau, von Herschel am 23. Februar 1784 zuerst gesehen. Er beschreibt ihn als sehr lichtschwach, gross und von kometarischem Aussehen. Im Centrum befindet sich ein heller Punkt mit einer sehr schwachen, milchigen Mähne.

AR. 10^h 43^m 49,0′, NP. D. 83° 26′ 44,4″.

Von Herschel am 23. Februar 1784 entdeckt. Ein sehr heller Stern mit einem milchigen Strahl, südlich vom Parallel, 15′ oder 20′ lang.

AR. 10^h 55^m 59,3′, NP. D. 71° 6′ 42,0″.

Am 14. März 1784 von Herschel entdeckt. In seinem Verzeichnisse gibt er folgende Beschreibung des Objectes: „Zart, ziemlich gross, milchig, zwischen zwei hellen Sternen stehend; wie ein elektrischer Pinsel gegen den nördlichen gerichtet, doch ohne Verbindung; rund.“

AR. 10^h 17^m 31,0′, NP. D. 72° 8′ 18,9″.

Am 21. März 1784 zuerst aufgefunden. „Ein ziemlich bedeutender Stern, mit einem sehr zarten Pinsel, nördlich folgend. Mit 240facher Vergrösserung sind sehr kleine Sterne in ihm sichtbar, die aber nicht zu ihm gehören.“

AR. 20^h 10^m 45,8′, NP. D. 59° 51′ 33,3″.

Digitized by Google

Am 17. Juli 1784 entdeckt und als sehr lichtschwach, rund und gleichförmig hell mit scharf begrenzter Kante beschrieben.

AR. $19^h\ 7^m\ 14{,}8'$, NP. D. $92^0\ 57'\ 5{,}3''$.

Am 21. Juli 1784 aufgefunden. „Sehr dunkel; gleichförmiges Licht; eine Minute Durchmesser; in Sterne auflöslich. In der Mitte zahlloser Sterne der Milchstrasse.

AR. $0^h\ 3^m\ 14{,}6'$, NP. D. $63^0\ 4'\ 58{,}5''$.

Am 8. September 1784 entdeckt. „Ein zarter Stern mit kleiner Mähne und zwei Knäueln."

AR. $20^h\ 16^m\ 7{,}9'$, NP. D. $70^0\ 20'\ 19{,}3''$.

Am 16. September 1784 aufgefunden. „Ziemlich hell, vollkommen rund, ziemlich gut begrenzt. Durchmesser $^3/_4$ Minute. In Sterne auflöslich."

AR. $23^h\ 19^m\ 9{,}0'$, NP. D. $48^0\ 13'\ 57{,}5''$.

Am 6. October 1784 mittels des siebenfüssigen Reflectors aufgefunden. „Hell, rund, eine planetarische, gut begrenzte Scheibe von 15″ Durchmesser."

AR. $6^h\ 0^m\ 44{,}0'$, NP. D. $96^0\ 22'\ 39{,}5''$.

Am 6. October 1784 entdeckt. „Ein Stern 9. Grösse mit milchiger Mähne, unregelmässig elliptisch."

AR. $6^h\ 4^m\ 17{,}9'$, NP. D. $96^0\ 12'\ 6{,}1''$.

Am 6. October 1784 entdeckt. „Ein Stern 11. bis 12. Grösse, beschaffen wie der vorige, aber sehr zart."

AR. $5^h\ 27^m\ 26{,}0'$, NP. D. $112^0\ 2'\ 39{,}9''$.

Am 20. November 1784 aufgefunden. „Sehr klein und sternig; sehr zarte Mähne, Kern nicht ganz central."

AR. $7^h\ 46^m\ 40{,}1'$, NP. D. $116^0\ 2'\ 1{,}1''$.

Am 9. December 1784 entdeckt. Herschel bemerkt darüber in seinem Cataloge: „Ziemlich hell, gross, rund, leicht auflöslich in Sterne. Der Durchmesser ist 6′ bis 7′. Es zeigt sich eine schwache rothe Farbe. Ein Stern 8. Grösse steht nicht weit von der Mitte, gehört aber nicht dazu. Eine zweite Beobachtung gibt 9′ bis 10′ Durchmesser."

AR. $4^h\ 7^m\ 50{,}8'$, NP. D. $103^0\ 5'\ 32{,}2''$.

Am 1. Februar 1785 von Herschel aufgefunden. Folgendes sind die Bemerkungen des grossen Astronomen über dieses Object: „Sehr hell, vollkommen rund, oder doch nur sehr wenig elliptisch. Planetarische, aber schlecht begrenzte Scheibe. Eine zweite Beobachtung löst den Nebel an den Kanten auf. Er ist wahrscheinlich ein sehr zusammengedrängter Sternhaufen in ungemessener Ferne."

AR. $5^h\ 39^m\ 49{,}8'$, NP. D. $89^0\ 46'\ 49{,}6''$.

Digitized by Google

Am 1. Januar 1786 von Herschel entdeckt. „Ein Stern mit sehr feiner, ausgedehnter, milchiger Mähne. Der Stern ist nicht ganz im Centrum."

AR. $17^h\ 58^m\ 20{,}0'$, NP. D. $23^0\ 22'\ 9{,}5''$.

Von W. Herschel am 15. Februar 1786 entdeckt und als planetarischer, sehr heller Nebel beschrieben. „Die Scheibe hat einen Durchmesser von 35″ mit einer sehr schlecht begrenzten Ecke. Nach langer, aufmerksamer Beobachtung erscheint ein sehr helles, gut begrenztes Centrum."

AR. $7^h\ 35^m\ 25{,}4'$, NP. D. $104^0\ 24'\ 39{,}4''$.

Aufgefunden am 19. März 1786. „Sehr hell, rund, auflöslich. Der Nebel befindet sich innerhalb des Sternhaufens Nr. 49 des Messier'schen Cataloges. Er ist von durchaus gleichförmigem Lichte und hat 2′ Durchmesser. Hat keinen Zusammenhang mit dem Sternhaufen, der frei von jeder Nebelspur erscheint."

AR. $17^h\ 53^m\ 50{,}8'$, NP. D. $113^0\ 1'\ 39{,}9''$.

Am 26. Mai 1786 von Herschel entdeckt. „Doppelstern mit ausgedehnter Nebelhülle von verschiedener Lichtintensität. Um den Doppelstern ist eine schwarze Oeffnung, in kleinerm Maasse wie beim Orionnebel."

AR. $6^h\ 0^m\ 8{,}7'$, NP. D. $96^0\ 11'\ 46{,}0''$.

Am 28. November 1786 aufgefunden. „Ein Stern mit milchiger Mähne."

AR. $7^h\ 20^m\ 54{,}4'$, NP. D. $68^0\ 48'\ 33{,}2''$.

Aufgefunden am 17. Januar 1787. „Ein Stern 9. Grösse mit sehr hellem, milchigem Nebel, gleichförmig um ihn herum zerstreut. Ein sehr merkwürdiges Phänomen."

AR. $16^h\ 43^m\ 6{,}4'$, NP. D. $42^0\ 8'\ 38{,}8''$.

Entdeckt am 12. Mai 1787. „Sehr hell, rund, 4′ Durchmesser. Ganz gleichförmig hell, mit zartem, auflöslichem Rande."

AR. $19^h\ 36^m\ 3{,}0'$, NP. D. $104^0\ 28'\ 52{,}5''$.

Am 8. August 1787 entdeckt. „Beträchtlich hell, klein; schöner planetarischer Nebel, doch an den Kanten bedeutend dicknebelig; gleichförmiges Licht; 10″ bis 15″ Durchmesser."

AR. $3^h\ 54^m\ 57{,}0'$, NP. D. $29^0\ 27'\ 30{,}6''$.

Entdeckt am 3. November 1787. „Ziemlich heller, planetarischer Nebel; nahe 1′ Durchmesser; rund, von gleichförmigem Lichte; ziemlich gut begrenzt. Eine zweite Beobachtung mit Vergrösserung 360 zeigt das Object noch etwas schärfer begrenzt und ein wenig elliptisch."

AR. $8^h\ 3^m\ 18{,}1'$, NP. D. $43^0\ 35'\ 28{,}4''$.

Digitized by Google

Von Herschel am 6. Februar 1788 zuerst beobachtet. „Ziemlich hell, rund, durchaus von gleichem Lichte; nähert sich dem planetarischen, doch nicht gut begrenzt und an den Rändern etwas schwächer. Durchmesser 45″ bis 60″.“

AR. $10^h\ 29^m\ 59{,}7'$, NP. D. $35^0\ 45'\ 49{,}1''$.

Am 12. April 1789 aufgefunden. „Sehr hell, rund, planetarisch, aber sehr schlecht begrenzt. Die Undeutlichkeit am Rande ist weit ausgedehnt, so dass man ihn als eine Zwischenstufe annehmen kann zwischen einem planetarischen Nebel und einem solchen, der stufenweise heller gegen die Mitte wird.“

AR. $11^h\ 50^m\ 15{,}6'$, NP. D. $35^0\ 50'\ 34{,}2''$.

Entdeckt am 12. April 1789. „Beträchtlich hell, mit hellem, rundem Kern; mit feinen Nebelarmen von Nordwest nach Südost gerichtet. 7′ bis 8′ lang, 4′ bis 5′ breit.“

AR. $7^h\ 35^m\ 41{,}2'$, NP. D. $107^0\ 53'\ 22{,}3''$.

Herschel fand denselben am 4. März 1790. „Ein schöner, planetarischer Nebel von beträchtlicher Helligkeit; nicht sehr gut begrenzt; 12″ bis 15″ Durchmesser.“

AR. $7^h\ 2^m\ 14{,}0'$, NP. D. $90^0\ 30'\ 8{,}1''$.

Am 5. März 1790 entdeckt. „Ein ziemlich bedeutender Stern 9. oder 10. Grösse, sichtbar mit sehr zartem Nebel behaftet, rings umher in geringer Ausdehnung. Die Vergrösserung 300 zeigte dasselbe, gab aber dem Nebel mehr Ausdehnung. 22 Einhorn war gänzlich frei von allem Nebel.“

AR. $11^h\ 47^m\ 27{,}9'$, NP. D. $30^0\ 43'\ 51{,}9''$.

Entdeckt am 18. März 1790. „Ziemlich hell, rund. Der grösste Theil von gleichförmigem Lichte, dann ziemlich schnell abnehmend. Zwischen 2′ bis 3′ Durchmesser.“

AR. $4^h\ 0^m\ 28{,}6'$, NP. D. $59^0\ 35'\ 29{,}2''$.

Am 30. October 1790 aufgefunden. „Ein höchst sonderbares Phänomen. Ein Stern 8. Grösse mit einer zarten Lichtatmosphäre von kreisrunder Gestalt, etwa 3′ Durchmesser. Der Stern ist vollkommen in der Mitte und die Atmosphäre ist so verwaschen, zart und durchaus gleichförmig, dass man nicht annehmen kann, sie bestehe aus Sternen, auch kann kein Zweifel stattfinden über die Verbindung der Atmosphäre mit dem Sterne. Ein anderer Stern, von nicht viel geringerm Glanze, war zu gleicher Zeit mit obigem im Gesichtsfelde des Teleskops, aber vollkommen frei von jeder solchen Erscheinung.“

AR. $13^h\ 18^m\ 48{,}6'$, NP. D. $18^0\ 45'\ 22{,}8''$.

Aufgefunden am 6. März 1791. „Beträchtlich hell, rund, die Licht-

Digitized by Google

intensität beinahe gleichförmig; gleicht einem schlecht begrenzten, planetarischen Nebel. Durchmesser $^1/_2{}'$."

AR. $20^h\ 31^m\ 57{,}3^s$, NP. D. $30^0\ 20'\ 17{,}9''$.

Am 9. September 1798 zuerst beobachtet. „Beträchtlich hell, sehr gross, unregelmässige Figur, eine Art von hellem Kern in der Mitte. Der Nebel 6′ bis 7′ gross. Der Kern scheint aus Sternen zu bestehen; das Nebelige ist von milchiger Art. Ein schöner Gegenstand."

Sir John Herschel hat in seinem grossen Nebelcataloge eine strenge Auswahl unter den als planetarisch zu bezeichnenden Nebeln getroffen. Er führt folgende Objecte in dieser Classe auf. (Phil. Trans. Bd. 154, Part 1, p. 46 bis 137).

Digitized by Google

Nummer	Sir J. Herschel's Cataloge	Sir W. Herschel's Classe und Nr.	Andere Autoritäten	Rectascension 1860 Januar 0
1045	2764			5h 0m 3,3s
1225	365	IV. 34		5 34 26,4
1565	464 = 3093	IV. 39		7 35 25,4
1567	3095	IV. 64		7 35 41,2
1574	3100			7 41 47,4
1783	3149			9 7 10,6
1801	3154		Dunlop 564	9 10 21,5
1843	3163			9 17 28,1
2017	3228			10 1 8,2
2063	3241			10 10 51,5
2076	3242			10 13 17,6
2102	2102	IV. 27	Lal. 20204	10 18 2,2
2158	731	IV. 60		10 29 59,7
2343	838		Messier 97	11 6 34,8
2581	3365			11 43 23,9
3536		IV. 70		13 18 48,6
3661	3541			13 42 11,8
3976			d'Arrest 97	14 33 53
4066	3594			15 7 19,4
4125	3610			15 34 53,7
4234	1970		Lal. 30510	16 38 36,0
4284	3675			17 9 41,0
4373		IV. 37		17 58 20,0
4386	3734			18 2 47,5
4390	2000			18 5 17,8
4407	3744	II. 204		18 17 13,4
4487	2037	III. 743		19 11 37,3
4510	2047	IV. 51		19 36 3,0
4572	2075	IV. 16		20 16 7,9
4628	2098	IV. 1	Lal. 40765	20 56 31,2
4964	2241	IV. 18		23 19 9,0

Digitized by Google

liche ssion	Nordpoldistanz 1860 Januar 0	Jährliche Präcession	Bemerkungen
,381'	159° 23' 56,5"	— 4,68"	?
,283	80 59 3,8	— 2,14	Vielleicht auflöslich.
757	104 24 39,4	+ 8,18	Auflöslich. 3,75' Durchm.
677	107 53 22,3	+ 8,21	Sehr hell.
457	117 0 6,7	+ 8,69	
253	131 51 37,1	+ 14,67	
417	126 1 53,8	+ 14,86	
694	147 42 57,5	+ 15,25	Sehr bemerkensw. Object.
523	129 45 5,5	+ 17,45	4,0' Durchmesser.
506	170 10 11,6	+ 17,82	13,0' Durchmesser.
946	151 58 35,5	+ 17,95	
886	107 55 50,2	+ 18,14	32" Durchmesser; bläulich.
770	35 45 49,1	+ 18,55	? Kern 15" Durchmesser.
514	34 13 38,2	+ 19,54	19,0' Durchmesser.
934	146 24 8,3	+ 20,01	1,5' Durchmesser; bläulich.
743	18 45 22,8	+ 18,86	?
782	140 30 34,2	+ 18,04	Doppelnebel.
03	87 12 42	+ 15,64	?
059	135 7 30,2	+ 13,64	
014	150 46 24,5	+ 11,75	Vielleicht auflöslich.
013	65 56 10,0	+ 6,90	
022	141 35 30,9	+ 4,23	Ausgezeichnetes Object.
023	23 22 9,5	+ 0,15	
070	123 53 29,2	— 0,36	
012	83 10 53,5	— 0,55	
045	113 16 30,4	— 1,62	Vielleicht ein Sternhaufen.
031	83 42 46,5	— 6,25	
086	104 28 52,5	— 8,25	
076	70 20 19,3	— 11,29	Sehr schönes Object.
073	101 55 4,8	— 14,04	Sehr schönes ellipt. Object.
054	48 13 57,5	— 19,75	Ausgezeichnetes Object; bläulich.

Digitized by Google

Neben den planetarischen Nebelflecken gebührt in der kosmischen Himmelsbeschreibung besonders den Doppel- und mehrfachen Nebeln eine hervorragende Bedeutung. Wenn der Wahrscheinlichkeitscalcül für die zahlreich am Himmel aufgefundenen Doppelsterne eine physische Verbindung in den überwiegend meisten Fällen unzweifelhaft macht: so zeigt die nämliche Analyse auch für die, wenngleich absolut allerdings weniger zahlreichen, mehrfachen Nebel einen gleichen physischen Connex. Während die Anzahl der bis jetzt aufgefundenen Nebel in dem Generalcataloge des jüngern Herschel die Summe von 5000 Objecten nur wenig übersteigt, finden sich unter diesen:

229 Doppelnebel,
49 dreifache Nebel,
30 vierfache Nebel,
5 fünffache Nebel,
2 sechsfache Nebel,
3 siebenfache Nebel,
1 neunfacher Nebel.

„Alle die mannigfaltigen Combinationen der Doppelsterne in Bezug auf Position, Distanz und relative Helligkeit," bemerkt Sir John Herschel, „finden ihr Analogon in den Doppelnebeln; ja die Mannigfaltigkeit der Form und des Grades der Verdichtung, lassen hier noch eine grössere Reichhaltigkeit der wechselseitigen Beziehungen erkennen; und ohne eingehendere Untersuchung kommt man leicht zu der Ueberzeugung, dass die überwiegende Mehrzahl dieser Verbindungen auf einem physischen Connex beruht."

Den mehrfachen Nebeln hat der ältere Herschel, ausgehend von seinen Ansichten über die Bildung von Sternen aus chaotischer Nebelmasse, ein besonderes Interesse zugewandt. In seiner grossen Abhandlung von 1811 verbreitet er sich hierüber in mehreren Capiteln. Ueber doppelte Nebel in Verbindung mit Nebelmassen sagt er: „Als Zugabe zu den Beispielen über Nebel, die mehr als einen Mittelpunkt der Anziehung haben, gebe ich folgende Liste von Gegenständen, die man füglich Doppelnebel nennen könnte. II. 316 (64 *b'* Geminorum 4ᵐ 16′ vorangehend, 1°17′ in Decl. nördlicher) mit dem im Cataloge 317 vereinigt ist, besteht aus zwei kleinen, feinen Nebeln von gleicher Grösse, 1ᵐ von einander entfernt. Jeder hat den Schein eines Kerns und ihre Nebelhüllen gehen in einander über. Ihre Stellung ist südlich vorangehend und nördlich folgend. Jeder der (15) Gegenstände, auf die ich mich hier berufe, enthält zwei Kerne oder Attractionsmittelpunkte. Wenn die Wirkung des attractiven Princips fortdauert, so muss am Ende eine Trennung ihrer jetzt vereinten Nebelhüllen die Folge sein. — Man könnte einwenden, die Erscheinung der Duplicität sei nur optisch. In der That, wenn von einem Doppelsterne statt von einem Doppelnebel die Rede wäre, so liesse sich der Einwurf hören. Aber hier ist, aus zwei Gründen, der Fall ein

Digitized by Google

anderer. Erstlich können wir uns hier nicht auf Nebel ohne Zahl und in allen beliebigen Distanzen berufen der Art, dass einer hinter dem andern stände, wie wir Sterne hinter Sternen annehmen, um die Erscheinung eines Doppelsternes hervorzubringen. Dann können wir aber auch nicht, wenn wir uns erinnern, was über die Stufen in der Sichtbarkeit der Nebelmaterie, besonders wenn sie so fein ist, wie in dem beschriebenen Doppelnebel, gesagt worden, annehmen, dass die zwei Gegenstände, aus denen er besteht, weit von einander entfernt seien. Dazu kommt noch die bedeutende Aehnlichkeit in Grösse, Zartheit, Kern und nebeligem Aussehen, woraus sich, wie ich glaube, augenscheinlich ergibt, dass ihren Nebelmassen ursprünglich ein gemeinschaftliches Ganzes zum Grunde lag."

Die Nebel, auf welche sich Herschel hier bezieht, sind nach der Ortsbezeichnung und Beschreibung seines Cataloges, diejenigen der folgenden Tafel. Die Bedeutung der Columnen ist folgende: *a* gibt die Nummer des Cataloges und der Classe; *b* das Datum der ersten Beobachtung; *c* den Namen des Sternes, an den die Ortsbestimmung angeschlossen wurde; *d* die Rectascensionsdifferenz des Nebels mit dem Vergleichstern, — wenn vorangehend, + wenn folgend, in Zeitminuten und Zeitsecunden; *e* die Declinationsdifferenz, + nördlich, — südlich, in Graden und Bogenminuten; *f* gibt eine kurze Beschreibung der äussern Gestalt.

Digitized by Google

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
I. 56	1784 Nov. 16	λ Leonis	+ 0m 46′	−1° 29′	Distanz 1′, sehr hell und g wie ein sehr gedehnter N
I. 176	1787 März 20	13 Canum	− 7 33	+1 26	Beide verbunden bilden die I des Buchstabens s.
178	1787 April 9	8 Canum	+ 7 36	−0 12	Der nördliche heller in der M Die Nebel vermischen sic
193	1787 Nov. 12	φ Andromedae	− 1 26	+0 54	Distanz 2′. Beide sehr hell eine ist Nr. 76 des Messi schen Catalogs.
II. 57	1784 März 15	ξ Leonis	− 7 15	+0 18	Der vorangehende ziemlich etwas heller in der Mitte stanz 1′.
271	1784 Dec. 13	ν Piscium	+14 54	+0 11	Sehr nahe, fast im Parallel folgende kleiner u. nördlich
309	1785 März 5	ι Virginis	−12 31	−0 1	Der nördliche ziemlich hell der Mitte viel heller.
316	1785 März 12	64b′ Geminor.	− 4 16	+1 17	
832	1790 März 18	66 Ursae	− 6 53	−2 52	Zieml. hell, zieml. gross.
III. 45	1784 März 15	71 Virginis	+ 0 37	+0 12	Anfangs für einen Nebel ge ten, Vergrösserung 280 tra sie.
644	1787 März 19	υ Bootis	+25 41	−0 44	Sehr schwach, sehr klein. fache Vergrösserung.
IV. 8	1784 März 15	34 Virginis	−10 12	−0 51	Die Mähnen beider mischen nicht sehr zart.
28	1785 Febr. 7	31 Crateris	+ 1 0	−0 47	Ziemlich hell, gross, öffnet mit Arm oder zwei sehr verbundenen Nebeln.
Messier 27	1764 Juli 12	AR. 297° 22′, Decl. + 22° 41′			Nebel ohne Stern.
Messier 51	1774 Jan. 11	AR. 200° 6′, Decl. + 48° 24′			Nebel ohne Stern. Die At sphären berühren sich, die ist schwächer als die and

Von Doppelnebeln, die nicht mehr als 2′ von einander entfernt sind, führt der ältere Herschel 23 vollkommen getrennte auf. Er lässt sie, wie eben angeführt, aus einer ursprünglichen Nebelmasse sich trennen, und bemerkt charakteristisch: „Die Zweifel wegen der Länge der Zeit, die zu einer solchen Trennung erforderlich ist, brauchen nicht berücksichtigt zu werden, da uns eine vergangene Ewigkeit zu Gebote steht."

Ich führe nur die bemerkenswertheren aus W. Herschel's Verzeichnisse hier speciell auf.

Digitized by Google

a	b	c	d	e	f
I. 116	1785 Dec. 7	37 Leon. min.	+11m 5	+1° 1′	Sehr hell, gross, gedehnt. Distanz 1′ vom Scheitel.
197	1788 Jan. 14	8 Canum	— 3 32	+0 19	Der südliche sehr hell u. gross, der nördliche klein, beide unregelmässig.
II. 28	1784 Febr. 15	γ Leonis	+ 3 45	+0 18	Lichtschwach, rund, gross.
178	1784 April 15	β Serpentis	—12 6	—0 7	Sehr nahe, der südliche grösser, beide sternig.
714	1788 Jan. 14	γ Bootis	—39 5	+2 9	Distanz 2′, beide ziemlich hell, klein, rund in einerlei Meridian.
I. 719	1788 März 9	3 Canum	— 2 47	—1 31	Distanz 1′, in einerlei Meridian; beide sehr klein und schwach.
755	1789 März 20	χ Virginis	—13 3	+0 20	Distanz 1½′, beide sehr schwach und klein, gedehnt.
855	1790 Oct. 9	72 Pegasi	+27 15	+0 3	Distanz 1′, beide ausserordentlich lichtschwach, sternig.
943	1797 Dec. 12	5 *a* Urs. min.	+46 2	—0 28	Distanz 1½′, beide sehr schwach und klein, in Sterne auflöslich.

Unter den 101 Doppelnebeln in grösserer Distanz von einander als 2′, findet Herschel nur 5 oder 6, die so sehr an Helligkeit verschieden sind, dass man annehmen könnte, sie ständen in beträchtlichen Abständen hintereinander, während im Allgemeinen allen eine gleiche Helligkeit und Zartheit zukommt. „Doch wenn wir auch annehmen," fährt Herschel fort, „dass zwei Nebel an Helligkeit so verschieden seien, als das eben beschriebene Paar der ersten Classe (welches 34 Virginis 11m 24′ vorangeht und 20′ nördlich davon steht) verschieden ist von der Mattheit der zuletzt angegebenen (die σ Bootis in 3m 48′ folgen und 45′ nördlich davon stehen), so würde dies doch kaum gleichkommen dem Unterschiede der Helligkeit zwischen den einzelnen Theilen des Orionnebels".

Bezüglich der drei- und mehrfachen Nebel sagt Herschel: „Wenn man voraussehen konnte, dass Doppelnebel in einiger Entfernung von einander häufig sich zeigen, so wird man im Gegentheil zugeben, dass die Erwartung einer grossen Zahl von Attractionspunkten in einem Nebel von geringer Ausdehnung, nicht so wahrscheinlich ist. In Uebereinstimmung hiermit hat die Beobachtung gezeigt, dass drei- und mehrfache Nebel sich weniger häufig finden. Die beigefügte Liste enthält 20 dreifache, 5 vierfache und 1 sechsfachen Nebel. Unter den dreifachen Nebeln ist einer, dessen Nebelichkeit noch nicht getrennt ist, nämlich V. 10. „„Drei Nebel scheinen sich zart mit einander zu verbinden und bilden eine Art Dreieck, dessen Mitte weniger nebelich, vielleicht ganz frei von Nebel ist. In der Mitte ist ein Doppelstern der zweiten oder dritten

Digitized by Google

Classe; mehrere dünne Nebelmassen folgen.“ “ Unter den vierfachen Nebeln findet sich III. 358. „„Vier Nebel, alle innerhalb 4 Minuten; der grösste ist dünn und klein, die drei übrigen noch kleiner und zarter.“ “ „„Die Nebel, welche mit einander einen sechsfachen bilden, sind alle sehr dünn und klein,“ “ sie nehmen einen Raum von mehr als 10 oder 12 Minuten ein.“

Dreifache Nebel.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
I. 17	1784 März 11	46 *i* Leonis	+15ᵐ 50,	−1°32′	Der zweite von dreien. sehr hell, sehr gross, helle M
II. 50	1784 März 14	86 *i* Leonis	−13 30	+0 22	Der mittlere von dreien gross, rund, helle Mitte.
123	1784 April 12	34 Virginis	+16 24	+0 29	Der zweite von dreien dunkel, klein, heller in der M
141	1784 April 13	11 *s* Virginis	+13 18	+0 18	Der letzte ist der grösste.
171	1784 April 15	34 Virginis	−19 6	+0 20	Alle klein.
215	1784 Sept. 12	40 Andromed.	+ 4 30	+0 41	In der Richtung des Meri alle sehr schwach, klein,
392	1785 April 11	41 Comae	− 5 46	+0 14	Der südlichste in 8′ Distanz Rectascension gilt für den ten.
447	1785 Oct. 1	20 Ceti	+ 1 3	−2 0	Schwach und klein.
III. 85	1784 April 12	70 Virginis	+ 6 12	+0 1	Die beiden ersten sehr sch klein und rund, der letzte lich gross.
94	1784 April 13	90 Virginis	+18 22	−1 46	Alle äusserst dünn, sehr und rund.
117	1784 Mai 11	λ Virginis	−59 30	+0 48	Der mittlere sehr schwach klein, der südlichste noch ner und schwächer.
156	1784 Sept. 12	β Andromed.	+13 6	−2 8	Ein rechtwinkeliges Dreie dend, der am rechten W ziemlich gross.
300	1785 März 5	13 Canum	−40 19	−1 28	Der südlichste sehr schw
358	1785 April 11	14 *b* Comae	−14 24	+1 55	Drei aus einem Viereck sehr klein, innerhalb d
382	1785 April 26	2 Comae	+ 1 58	−0 49	Ort für den nördlichsten sehr klein und dünn.
592	1786 Dec. 20	Nebel II. 447	− 0 6	−0 2	Der vorangehende sehr und schwach, der folgende zweifelhaft.
873	1790 Dec. 28	Mayer 18	− 5 32	+0 39	Ausserordentlich dünn, s dehnt, im Felde mit II. III. 872.

Digitized by Google

Dreifache Nebel.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
900	1793 Febr. 4	9 Geminorum	+ 36 21	+ 0°19′	Zwei, unmittelbar voran III. 707. Beide äusserst dünn.
943	1797 Dec. 12	5 *a* Urs. min.	+ 46 2	— 0 28	Zwei, sehr dünn, sehr klein, in Sterne auflösbar, Distanz 1½′.
V. 10	1784 Juli 12	15 *i* Sargittarii	+ 2 42	+ 0 49	Drei Nebel, zart verbunden, ein Dreieck bildend, in der Mitte ein Doppelstern.

Vierfache Nebel.

II. 482	1785 Nov. 18	ζ Ceti	+ 17 54	+ 0 15	Die beiden vorangehenden 1′ Distanz, die beiden folgenden 2′ Distanz, sehr klein u. schwach.
568	1786 April 17	*s* Virginis	+ 10 14	+ 0 34	Der Ort für den letzten Nebel. Sie sind umher zerstreut.
III. 356	1785 April 11	14 *b* Comae	— 17 40	+ 1 55	Drei sicher, der vierte vermuthet. Zwei sehr gedehnt.
358	1785 April 11	14 *b* Comae	— 14 24	+ 1 55	Drei aus einem Viereck, alle sehr dünn und klein, alle innerhalb 3′.
562	1786 Sept. 21	58 Andromed.	— 15 22	— 1 48	Sternig. Ungleich. Drei in einer Linie, der vierte macht mit ihm ein Rechteck.

Sechsfacher Nebel.

III. 391	1785 April 27	5 Comae	— 7 54	— 0 9	Die drei folgenden 10′ bis 12′ südlich von den drei ersten. Diese sehr dünn und sehr klein. Nach mehr Nebel verdächtig.

D'Arrest hat in seiner grossen Arbeit über die Nebelflecke (Siderum Nebulosorum Observationes Havniae 1867), welche durch 4800 einzelne Positionen die Oerter von 1942 Nebeln bestimmt, auch den mehrfachen Nebeln ein besonderes Augenmerk zugewandt. Schon im Jahre 1862 bemerkte d'Arrest (A. N. Nr. 1366), dass die Zahl der physisch verbundenen Doppelnebel sich unerwartet gross herausstelle im Vergleich mit dem Vorkommen von Doppelsternen unter den Fixsternen. Die Anzahl der Doppelnebel betrage gegenwärtig über 200; bei W. Herschel finde sich kein Gedanke an die Bewegung von Doppelnebeln umeinander, gegenwärtig aber sei es kaum noch zweifelhaft, dass man in ferner

Digitized by Google

Zukunft die Bahnen von Doppelnebeln zu berechnen versuchen werde. Unter den bisher gemessenen Doppelnebeln ist es gegenwärtig, dass man das Augenmerk bisher nicht speciell genug auf den Gegenstand gerichtet hatte, noch nicht möglich, Umlaufszeiten nachzuweisen. Andeutungen über Ortsveränderungen von Doppelnebeln in ihren gegenseitigen Stellungen, sind vorhanden. Ein Beispiel bietet der Doppelnebel H. 316 (AR. 7^h 16,7^m, NP. D. 60° 15′ f. 1860) des Herschel'schen Catalogs. Man hat für denselben folgende Messungen der Distanz und des Positionswinkels:

1785 Distanz = 60″
1827 „ = 45″, Positionswinkel: 45°
1862 „ = 28″ „ 56° 32′.

Diese Veränderungen, sowohl in der Distanz als im Positionswinkel, machen es wahrscheinlich, dass hier eine Umlaufsbewegung der Nebel um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt stattfindet. Wäre die Zunahme des Positionswinkels von 1827 bis 1862 um 11° 32′ ein mittlerer Werth, so würde sich die Umlaufszeit auf etwa 1100 Jahr stellen; möglicherweise ist sie noch geringer. Immerhin aber ergibt sich das bemerkenswerthe Resultat, dass die Dauer dieser Umlaufsbewegung von derselben Ordnung wie diejenige gewisser Doppelsterne sich herausstellen dürfte. Wenn man nun beachtet, dass diese Doppelsterne sich innerhalb unseres Fixsternsystemes befinden, dass sie integrirende Bestandtheile desselben sind, und wenn man ferner berücksichtigt, dass die scheinbaren Durchmesser mancher Doppelnebel ihren scheinbaren Winkelabständen nahe gleichkommen, so führen solche Betrachtungen an der Hand einer mathematischen Anschauungsweise zu sehr auffallenden Schlüssen über die Stellung von Doppelnebeln zu unserm Fixsternsysteme, die sehr im Widerspruche stehen mit den Annahmen, welche seit Herschel's Ausführungen vielfach als die richtigsten betrachtet werden.

In der That beständen jene Nebel, einsamen Welteninseln vergleichbar, aus Systemen weit ausserhalb unserer Fixsternschicht, so müssten ihnen wahre Dimensionen beigelegt werden, welche jenen unseres Fixsternsystems nahe kommen, vielleicht dieselben sogar übertreffen. Nichtsdestoweniger würden aber solche ungeheuere Systeme ihren gemeinsamen Schwerpunkt umkreisen innerhalb gewisser Zeitperioden, die der Dauer menschlicher Einrichtungen an Länge vergleichbar sind! Vollends wird diese Ansicht unhaltbar, wenn man, Herschel's frühester Hypothese folgend, alle Nebelflecke für sehr entfernte Sternhaufen hält. Zwei kugelförmige Fixsternhaufen, deren jeder aus vielen tausend Fixsternen besteht, können im Allgemeinen keinen dauernden Bestand haben, wenn sie um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisen, dessen Distanz von den äussersten Sternen beider Weltsysteme nur wenig von dem Durchmesser dieser letzteren verschieden ist, besonders wenn die Umlaufszeiten innerhalb des Systems unvergleichlich langsamer vor sich gehen, wie diejenigen der Gesammtcomplexe überhaupt. Es spricht sonach schon die Analogie

Digitized by Google

und eine, aus dem erkannten Baue des Universums hergeleitete, sehr hohe Wahrscheinlichkeit gegen die Annahme, dass die Doppel- und mehrfachen Nebel, besonders wo sie zu regelmässiger, planetarischer Form hinneigen, bloss Fixsterncomplexe in ungemessener Distanz ausserhalb unserer Sternschicht seien. Vielmehr sind die meisten dieser Gebilde thatsächliche Nebel, und die meisten Doppelnebel, gewiss aber alle diejenigen, welche in verhältnissmässig kurzen Zeitperioden Andeutungen von Umlaufsbewegungen um einander zeigen werden, stehen innerhalb der Grenzen unseres Fixsternsystems und sind Theile desselben. Die Spectralanalyse hat, wie in einem spätern Capitel eingehend gezeigt wird, den Nachweis geliefert, dass eine grosse Anzahl von Nebeln glühende Gasmassen sind. Nichtsdestoweniger ist es nicht unmöglich und mit den Gesetzen der Optik keineswegs unvereinbar, dass gewisse Nebel nur die erleuchteten Hüllen um Fixsterne bilden. (Vergl. Arago's Werke, deutsche Ausg. 11. Bd. S. 460.)

Vielleicht gewinnt die so jetzt ausgesprochene Vermuthung eine neue Stütze in der erst seit wenigen Jahren discutirten Variabilität einiger Nebelflecke. Das erste sichere Beispiel dieser Art bietet der am 11. October 1852 von Hind bei Anfertigung seiner Ekliptikalkarten aufgefundene Nebel im Stier (AR. 4^h 13,8^m, NP. D. 70° 49′ f. 1860). Derselbe erschien im elffüssigen Fernrohre klein und schwach, doch wurde er 1854 von Chacornac in Marseille wieder gesehen. Im November und December 1855 sowie im Januar 1856 bestimmte d'Arrest vier Mal die Position dieses Nebels am Ringmikrometer des sechsfüssigen Refractors der Leipziger Sternwarte und bezeichnete ihn als ziemlich hell. Im Jahre 1856 sah Hugh Breen den Nebel; aber in den Monaten Januar bis März 1858 gelang es Auwers nur mit grosser Schwierigkeit, denselben im Königsberger Heliometer zu beobachten. Im Februar 1861 suchte Schönfeld mit dem ausgezeichnet lichtstarken, achtfüssigen Refractor der Mannheimer Sternwarte vergebens nach dem Nebel und auch d'Arrest konnte im October jenes Jahres, mit dem sechszehnfüssigen Refractor der Kopenhagener Sternwarte, keine Spur desselben wahrnehmen. Im Januar 1862 suchte Chacornac ebenso vergeblich mit dem grossen Foucault'schen Spiegelteleskope nach diesem Nebel, als Hind und Secchi mit ihren kraftvollen Fernrohren. Selbst das siebenunddreissigfüssige Riesenteleskop Lassell's auf Malta, das dort allen Herschel'schen Teleskopen sich überlegen erweist, zeigte den Nebel nicht (Leverrier's Bulletin 1862, April 17); nur allein der grosse Refractor zu Pulkowa liess das ungemein lichtschwache Object noch erkennen, vielleicht der glänzendste Triumph für dieses herrliche Instrument. Dem in Rede stehenden Nebel 2′ folgend und 0,7′ nördlich von demselben, befindet sich ein Fixstern, dessen Lichtabnahme gleichzeitig mit derjenigen des Nebels stattfand. Ueber diesen Stern liegen folgende Helligkeitsschätzungen vor:

Digitized by Google

1852 9,4. Grösse. Argelander im 3. Bande der Bonner Beobachtungen.
1855 November und December } 10. bis 11. Grösse. Leipzig.
1856 Januar }
1858 Februar und März 10. Grösse. Königsberg.
1861 October 4. 11. Grösse. Kopenhagen.
1861 November 3. 11. bis 12. Grösse. Königsberg.
1862 Januar 26. 12. Grösse. Paris, London.
1862 Februar 16. 13. bis 14. Grösse. Kopenhagen.
(A. Nachr. Nr. 1366.)

Die Thatsache der Lichtveränderung des Sternes scheint auch Argelander unbestreitbar. „Wenn nicht ganz eigenthümliche Versehen vorgefallen sind," bemerkt dieser beste Kenner der Helligkeitsverhältnisse des Fixsternhimmels, „welche anzunehmen die Menge der Thatsachen kaum gestattet, so sind im Laufe von wenigen Jahren Stern und Nebel sehr viel schwächer geworden. Bei dem Sterne könnte man Veränderlichkeit annehmen, wie sie sich bei so vielen anderen findet. Aber ein Nebel, der in so kurzer Zeit solche bedeutende Aenderungen erleidet, würde alle unsere bisherigen Ansichten von der Natur dieser Himmelskörper über den Haufen werfen, und es wäre höchst merkwürdig, wenn eine solche bisher noch nie wahrgenommene Erscheinung sich dicht neben einem veränderlichen Sterne zeigen sollte. Eher könnte man geneigt sein, an eine gemeinschaftliche Verdeckung beider Gegenstände durch irgend eine im Weltenraum befindliche Masse zu denken, wie Sir John Herschel eine solche als mögliche Ursache des Farbenwechsels vom Sirius vorgeschlagen hat."

Im Jahre 1862 hat d'Arrest in demselben Sternbilde des Stieres noch einen veränderlichen Nebelfleck entdeckt, dessen Position für 1860,0 ist:

AR. 3^h 20,7^m, NP. D. 59° 6′.

Ein dritter veränderlicher Nebel ist von Chacornac aufgefunden worden. Bei der Construction von Blatt 17 seines ekliptischen Sternatlasses, beobachtete dieser zwischen 1852 Januar 26. und 31. einen Stern 11. Grösse, dessen Position war:

AR. 5^h 28^m 35,5′, Decl. + 21° 7′ 18″,

in dessen Nähe aber keine Spur von Nebel zu sehen war. Bei der Revision dieser Gegend des Himmels, am 19. October des folgenden Jahres bemerkte Chacornac hingegen einen kleinen Nebelfleck, der sich auf dem Sterne projicirte, und dieser zeigte sich ebenso am 10. November. Als am 27. Januar 1856 die nämliche Region abermals revidirt wurde, zeigte sich der Nebel ungemein glänzend; aber am 20. November 1862 vermochte Chacornac nicht die geringste Spur des Nebels mehr wahrzunehmen, während der Stern unverändert als 11. Grösse glänzte. (Le-

Digitized by Google

verrier's Bulletin 1863, April.) Seitdem ist dieser Nebel, dessen Gestalt fast die eines Rechtecks von 2′ und 3′ Seite war, nicht mehr wiedergesehen worden. (A. Nachr. Nr. 1440.)

Es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dass die bis jetzt als sicher oder wahrscheinlich veränderlich bezeichneten Nebel, sich sämmtlich im Sternbilde des Stiers, nur wenige Grade von einander entfernt und in einer sonst nahezu nebellosen Gegend des Himmels befinden, ferner, dass sie fast gleichzeitig verschwunden oder dem Verschwinden nahe gekommen sind. Doch hält es d'Arrest noch für zu früh, aus diesen Umständen Folgerungen ziehen zu wollen (A. Nachr. Nr. 1379). Derselbe berühmte Astronom bezweifelt, dass das schnell hintereinander folgende Auffinden mehrerer veränderlicher Nebel, die bisherige Meinung von der Unveränderlichkeit dieser Gebilde erschüttern könne, indem nach seiner Ansicht die Zahl der verdächtigen Nebel nun nahezu erschöpft sein werde. Man darf dieser Meinung um so eher beipflichten, als selbst bezüglich der in Rede stehenden Nebelflecke, die Ansichten noch getheilt sind. Die hauptsächlichste Stütze seiner Behauptung der Veränderlichkeit des Nebels in AR. 3^h 20,7^m und NP. D. 59° 6′ sieht d'Arrest in dem Umstande, dass dieser Nebelfleck in dem zweifüssigen Fraunhofer'schen Kometensucher, der zu den Zonenbeobachtungen der Bonner Durchmusterung diente, entdeckt worden, dagegen im grossen Refractor der Kopenhagener Sternwarte nur schwierig sichtbar sei. Professor Schönfeld, der den Nebel zuerst in Bonn sah, hat dagegen (A. Nachr. Nr. 1391) die einzelnen Umstände der Beobachtung genau discutirt und kommt zu dem Schlusse, dass die Beobachtungen in drei gleich grossen Fernrohren zu Bonn, Königsberg und Mannheim zwischen 1857 November 15. und 1862 September 20. sehr gut mit einander übereinstimmen. Auch Auwers spricht sich gegen die Veränderlichkeit dieses Nebels aus. Bisher hat man viel zu wenig die eigenthümliche Thatsache beachtet, dass grosse, verwaschene, lichtschwache Objecte, mit kleinen Instrumenten und bei geringen Vergrösserungen leichter sichtbar sind als mit grossen Fernrohren. In dieser Beziehung bemerkt Winnecke (A. Nachr. Nr. 1397), dass er den Tempel'schen Nebel in den Plejaden, mittels eines vierzölligen Fernrohres im März 1862 leicht wahrzunehmen vermochte, dagegen in dem 21-füssigen Refractor der Nicolaisternwarte zu Pulkowa, wenige Tage nachher, diesen Nebel erst als vorhanden erkannte, als das Fernrohr bei 150-facher Vergrösserung rasch hin- und herbewegt wurde. „Ueberhaupt," sagt dieser gelehrte Astronom, „bedürfen die jetzt herrschenden Vorstellungen über die Sichtbarkeit von Nebeln in Instrumenten von geringeren Dimensionen, zufolge meiner Erfahrungen, noch der Berichtigung. Ein Kometensucher von 34 Linien Oeffnung und 15-facher Vergrösserung scheint zu genügen, auch die schwächeren Nebel zu erkennen, vorausgesetzt, dass die Flächenausdehnung derselben nur eine genügende ist."

Digitized by Google

Das von Sir John Herschel vermuthete Verschwinden eines Nebels im Haupthaare der Berenice hat, nach den Beobachtungen von d'Arrest, nicht stattgefunden, vielmehr befinden sich die von W. Herschel angegebenen Nebelflecke II. 114, 115, 116 noch an ihrem frühern Platze. Auch die von Schmidt (A. Nachr. Nr. 1360) vermuthete Veränderlichkeit des Nebels IV. 4 in W. Herschel's Cataloge (AR. 11^h 16,7^m, NP. D. 90° 20′ f. 1860) hält d'Arrest noch nicht für genügend begründet (A. Nachr. Nr. 1366), obgleich auch Goldschmidt dieses Object im März 1860 mit seinem vierzölligen Fernrohre nicht zu sehen vermochte, während dasselbe bei den Bonner Zonenbeobachtungen mit dem Kometensucher von 34 Linien Oeffnung und am Meridiankreise beobachtet worden war. Die hin und wieder als vermisst bezeichneten Nebelflecke können, analog gewissen als verschwunden aufgeführten Fixsternen, durchaus nicht ohne Weiteres zu den Veränderlichen gerechnet werden, indem entweder durch Ablesungs- oder Schreibfehler die Positionen unrichtig angegeben (wie bei dem Nebel AR. 10^h 43,9^m, NP. D. 57° 17′ f. 1860. W. Herschel I. 118), oder selbst Verwechselung mit Kometen stattgefunden haben kann. Doch macht d'Arrest darauf aufmerksam, dass in einigen wenigen Fällen Nebelflecke theilweise mit Meridianinstrumenten zufällig beobachtet worden sind, ohne dass man sie am Himmel wiederfinden oder unter plausibeln Fehlerannahmen mit vorhandenen identificiren könnte. Dahin gehört unter Anderen ein räthselhafter Nebel in Rümker's Cataloge, der sogar zwei Mal mit dem Hamburger Meridiankreise beobachtet worden ist (A. Nachr. Nr. 1440). Es ist unzweifelhaft, dass die Welt der Nebelflecke den zukünftigen Beobachtern noch eine reiche Mannigfaltigkeit von neuen und wichtigen Entdeckungen darbieten wird. Gegenwärtig stehen wir, wenn man von den spectralanalytischen Untersuchungen absieht, rücksichtlich der Nebelflecke ungefähr auf derselben Stufe, wie das Zeitalter Tycho's und Kepler's bezüglich der Fixsterne.

Digitized by Google

Der Bau der Milchstrasse und des Himmels.

Der mild leuchtende Bogen der Milchstrasse hat schon die Aufmerksamkeit der ältesten Culturvölker erregt. Oenopides aus Chios hielt die Milchstrasse für die leuchtende Spur der ehemaligen Sonnenbahn und viele Pythagoräer stimmten dieser Ansicht bei; nach Theophrast ist die Milchstrasse „die Fuge der beiden Hemisphären, wodurch das obere Licht schimmert"; mythologische Fabeln sehen in der grossen kosmischen Erscheinung sogar die verschüttete Milch der Here. Gegenüber diesen naiven Anschauungen sprachen Democritos und Manilius zuerst aus, dass der Lichtschimmer der alten Galaxias nur aus der Zusammendrängung unzähliger, dem Auge nicht mehr einzeln unterscheidbarer Sterne fliesse. Bei den Arabern wird die Milchstrasse als der grosse Himmelsfluss bezeichnet, und die Constellation des Schützen als das zur Tränke gehende Vieh betrachtet, während seltsamer Weise von den Rumänen die Milchstrasse mit einer grossen historischen Persönlichkeit in Verbindung gebracht und Drumu Trajan, Trajansstrasse, genannt, von der südfranzösischen Volksanschauung dagegen als Weg des h. Jacob von Compostella bezeichnet wird. Der scharfsinnige und speculative Keppler hielt es für ausgemacht, dass die Milchstrasse ein ungeheurer Sternenring sei und bemerkt noch, dass unsere Sonne in der Nähe des Centrums von diesem Ringe sich befinden müsse, weil letzterer ungefähr die Gestalt eines grössten Kreises, von unserer Erde aus gesehen, zeige. (Kepl. Epitom. Astr. Copern. 1618). Huygens war der Erste, dem es (1656) gelang, mittels seines dreiundzwanzigfüssigen Refractors einen Theil der Milchstrasse in einzelne Sterne zu zerlegen, er hielt, hierauf gestützt, die ganze Milchstrasse für auflösbar (Op. var. 1724, p. 540). Thomas Wright wies in seiner gegenwärtig äusserst selten gewordenen Schrift „Theorie of the Universe" (Lond. 1750), gestützt auf eigene Beobachtungen mittels eines kleinen Reflectors, zuerst auf die systematische Ausstreuung der Sterne, welche die Milchstrasse bilden, um eine Grundebene, hin. Einen Schritt weiter kam Kant in seiner geistreichen, leider durch zu viele

Digitized by Google

Phantasien verunstalteten „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ (1755). Der grosse Denker sagt: „Es existirt eine bemerkenswerthe Analogie zwischen dem Systeme der Milchstrasse und dem der planetarischen Welt. Dieses letztere besitzt eine Hauptebene, die durch den Zodiakus geht und gegen welche die Ebenen der Planetenbahnen nur sehr wenig geneigt sind. Eine ähnliche Hauptebene findet sich auch für die Fixsterne; diese sind keineswegs ohne Ordnung im Raume zerstreut, sondern vielmehr nach Analogie der Planeten unseres Systems. Man muss die Fixsterne mit Beziehung auf diese Hauptebene betrachten, indem sie sich einander in dem Maasse nähern, als sie dieser Ebene genähert stehen. Durch diese Anhäufung wird der Anblick der hellen Zone hervorgebracht, welchen man die Milchstrasse nennt. — Die nicht in die Milchstrasse fallenden Regionen sind um so sternenreicher, je näher sie dieser stehen. Der grösste Theil der 2000 Sterne, welche das unbewaffnete Auge unterscheidet, ist in eine wenig breite Zone zusammengedrängt, deren Mitte die Milchstrasse einnimmt.“ Diese letztere Bemerkung findet sich bei Kant zum ersten Male, sie ist übrigens nicht, wie Struve glaubte, richtig, sondern wie die graphischen Zusammenstellungen von 8377 Sternen 1. bis 7. Grösse durch R. Wolf ergeben haben, zeichnet sich die Milchstrasse keineswegs durch den Gehalt oder die Annäherung grösserer Sterne aus. Kant war ferner der Ansicht, dass unsere Milchstrasse nicht die einzige dieser Art sei. „An verschiedenen Punkten des Himmelsgewölbes,“ sagt er, „erblickt man elliptische Nebelflecke, welche das Teleskop nicht in Sterne aufzulösen vermag; das sind, unserer Milchstrasse ähnliche, Sternsysteme, deren geringe scheinbare Durchmesser bloss eine Folge ihrer ungemeinen Entfernung sind. Die längliche Gestalt der meisten dieser Nebel beweist, dass in jenen Systemen ebenfalls eine Hauptebene existirt, wie in unserer Milchstrasse.“ Kant war auch geneigt anzunehmen, dass diese einzelnen Milchstrassen zusammen ein System höherer Ordnung bildeten. „Wir erblicken hier die ersten Stufen einer Reihenfolge von Welten und Systemen.“

Der berühmte Mathematiker Lambert entwickelte (1761) in seinen kosmologischen Briefen ein Weltsystem, welches zum Theil mit demjenigen, das sich Kant vorgestellt, zusammenfällt. Nach ihm bildet jede Sonne mit ihren Planeten und Kometen ein System erster Ordnung, die Sternhaufen, zu deren einem auch unsere Sonne gehört, sind Systeme zweiter Ordnung. Diese Systeme finden sich im Raume hauptsächlich um eine Hauptebene herum gruppirt und bieten so den Anblick der Milchstrasse, eines Systems dritter Ordnung, von scheiben- oder linsenförmiger Gestalt. Im Universum existiren eine Menge von Milchstrassen; vielleicht ist der Orionnebel nichts anderes. Die Gesammtheit dieser Milchstrassen bildet ein System vierter Ordnung. Die Analogie führt noch weiter zu Systemen der fünften und höhern Ordnung. Das gemeinsame Band aller dieser Systeme ist die allgemeine Gravitation, welche allenthalben Centralbewegungen erzeugt. Unser Sternhaufe befindet sich sehr isolirt

Digitized by Google

von den übrigen Theilen der Milchstrasse; es offenbart sich dies dem blossen Auge schon in der scharfen Abzeichnung der Milchstrasse am Himmelsgewölbe. Eine ähnliche Isolirung gilt für alle anderen Sternhaufen der Milchstrasse. Das System unserer Milchstrasse ist aus dem Grunde nicht unbegrenzt oder nicht unendlich gross, weil sich die Milchstrasse nicht als grösster Kreis zeigt, sondern vielmehr als ein Parallelkreis, obgleich sehr wenig von einem grössten Kreise abweichend. „Die Milchstrasse unterscheidet sich von dem übrigen Theile des Himmels zu deutlich. Wenn ich also gleich alle anderen Fixsterne zusammennehme, so muss ich die Milchstrasse von denselben ganz absondern, und auch diesen Streifen in unzählige kleinere Theile zerfällen. Viele von diesen Theilen zeigen sich uns dadurch, dass sie von den übrigen getrennt erscheinen. Die übrigen bedecken einander, weil eines hinter dem andern liegt. Jedes von diesen Theilen sehe ich als ein besonderes System von Fixsternen an. Wir selbst befinden uns in einem solchen, und zu diesem rechne ich alle Sterne, die uns sichtbar sind, und ausser der Milchstrasse liegen, wie auch die grösseren, so diesen Bogen des Himmels bedecken. Die übrigen Systeme liegen in der Fläche der Milchstrasse um uns herum. Jedes setze ich unserm Sonnensystem darin ähnlich, dass alle Fixsterne oder Sonnen, die dazu gehören, sich um einen gemeinsamen Mittelpunkt herumbewegen, und ich wäre geneigt zu glauben, dass alle diese Systeme oder die ganze Milchstrasse einen gemeinsamen Mittelpunkt habe, um welche sie laufen." (Cosmol. Briefe S. 128.) Lambert hält es ferner für wahrscheinlich, dass unser Sternhaufe einen Centralkörper besitze, analog der Sonne im Planetensystem; er glaubt es nicht unmöglich, dass dieser sich einst durch kleine planetarische Störungen im Sonnensystem verrathen könne und vermuthet schliesslich, dass vielleicht der Orionnebel als Centralkörper unseres Sternhaufens anzusehen sei. Diese kosmischen Anschauungen des berühmten Gelehrten verrathen allenthalben den mathematischen Denker, der in scharfsinniger Weise seine Theorien auf den wenigen Andeutungen aufzubauen wusste, welche die Beobachtungen bis dahin geliefert hatten.

Das war der Stand der Kenntnisse oder vielmehr der Vorstellungen von dem Baue unserer Sternschicht und der Milchstrasse, als sich der grosse William Herschel mit dem Gegenstande zu beschäftigen begann. Trotzdem, dass von den verschiedensten Seiten immer wieder auf die Arbeiten Herschel's über den Bau des Himmels Bezug genommen wird, scheinen diese selbst doch nur Wenigen bekannt zu sein: denn man behandelt sie gewissermaassen analog einem Kaleidoskop, das die verschiedenartigsten, contrastirenden Bilder zeigt. Bald soll unser Fixsterncomplex eine linsenförmige Schicht sein und die Milchstrasse durch das optische Zusammentreten der Sterne gegen die Ränder der Linse hin hervorgebracht werden, bald soll unser Sternhaufen von einem Sternenringe umgeben werden und dieser die Milchstrasse bilden, bald sollen der Ringe mehrere existiren u. s. w. Für alle diese Behauptungen aber wird Her-

Digitized by Google

schel angerufen, und jede soll in seinen Beobachtungen ihre Grundlage besitzen. Eine Blumenlese solcher Widersprüche kann man sich mit geringer Mühe aus dem 1. und 3. Bande von Humboldt's Kosmos zusammenstellen. Der Grund aller dieser Incongruenzen aber liegt darin, dass Herschel seine Ansichten über den Bau des Himmels im Verlaufe seiner Beobachtungen mehrfach und sehr beträchtlich geändert hat; ja, man darf mit Recht behaupten, dass der grosse Forscher am Ende seines Lebens seine bisherigen Anschauungen über den Bau der Milchstrasse sämmtlich verwarf, denn in seiner wichtigen Abhandlung von 1818 bemerkt er: „Wenn unsere Aichungen die Milchstrasse nicht mehr in Sterne auflösen, so muss man daraus schliessen, dass nicht ihr Wesen zweifelhaft, sondern vielmehr dass sie für unsere Teleskope unergründlich ist." Aus dieser und einer andern Bemerkung Herschel's, auf die wir noch zurückkommen werden, muss man, wie F. W. Struve schon vor 23 Jahren hervorgehoben hat, mit Recht schliessen, dass Herschel selbst kurz vor seinem Tode seine früheren Anschauungen über den Bau der Milchstrasse definitiv aufgegeben hat.

Gehen wir nun dazu über, zu untersuchen, was die directe Beobachtung über die optischen und physikalischen Verhältnisse der Milchstrasse ergeben hat.

Alexander von Humboldt gibt im dritten Bande des Kosmos hauptsächlich nach den Arbeiten von Sir John Herschel eine Beschreibung des Zuges der Milchstrasse unter den Sternen. Sie ist die beste, welche bis dahin existirte; allein ihre grosse Mangelhaftigkeit zeigt sich recht deutlich bei einer Vergleichung mit den ausgezeichneten Darstellungen, welche Professor Heis, nach eigenen Beobachtungen von der alten Galaxias in seinem neuen Himmelsatlas entworfen hat. Aber auch diese selbst geben nur ein allgemeines Bild der wundervollen Mannigfaltigkeit, welche sich dem scharfen, unbewaffneten Auge in sehr klaren Nächten in der Configuration der Milchstrasse darbietet. Wenn des ältern Herschel berühmte Sternaichungen dargethan haben, dass man der Milchstrasse bisher eine viel zu geringe Winkelbreite beilegte, und zu allgemeinen Schlüssen über deren Natur hinzuführen schienen: so hat man doch dabei übersehen, dass diese allgemeinen Resultate nur auf verhältnissmässig sehr wenigen Detailuntersuchungen basirten und dass die aufmerksame und andauernde Untersuchung der Milchstrasse mit dem blossen Auge eine Anordnung derselben im Einzelnen verräth, welche sich nur sehr gezwungen mit den Anschauungen über einen irgend regelmässigen Bau derselben vereinigen lässt. Durch verschiedene Umstände veranlasst, habe ich mich selbst eine Zeit lang mit der Untersuchung der Milchstrasse mittels des blossen Auges in sehr klaren Nächten beschäftigt. Die Zeichnungen, welche ich auf diesem Wege von einzelnen Parthien der Milchstrasse erhalten habe, widerstreiten jeder Ansicht von einem symmetrischen Baue dieses ungeheuren Complexes mit Bezugnahme auf unsere Sternschicht. In diesen Zeichnungen finden sich An-

Digitized by Google

deutungen von verschiedenen weit hinter einander liegenden Straten und Sternwolken, dazwischen dunkle Stellen, gewundene Wege und Canäle, es wechselt die scheinbare Breite rasch und in beträchtlichem Maasse. Solche Zeichnungen geben einen viel richtigern Eindruck von den optischen Zuständen der Milchstrasse, als vereinzelte und von verschiedenen Voraussetzungen gleichzeitig abhängige Sternaichungen. Um diesen schwierigen Gegenstand richtig zu erfassen, ist es nothwendig, speciell auf die Untersuchungen des ältern Herschel einzugehen, wobei sich zugleich, bei chronologischer Aufzählung des hierhin gehörigen Theiles seiner astronomischen Thätigkeit, die allmälige Umwandlung seiner ursprünglichen Anschauungen erkennen lässt. Ich werde daher hier die auf die Milchstrasse und ihren Bau bezüglichen Resultate Herschel's, geordnet nach der Zeit ihrer Veröffentlichung, zusammenstellen. (Vergl. W. Herschel, Ueber d. Bau des Himmels. Deutsch von Pfaff.)

1784. „Es ist sehr wahrscheinlich, dass die grosse Sternschicht, Milchstrasse genannt, diejenige sei, in welcher sich die Sonne befindet, obwohl letztere vielleicht nicht in dem eigentlichen Mittelpunkte ihrer körperlichen Ausdehnung steht. Es lässt sich dies aus der Gestalt der Milchstrasse schliessen, die den Himmel in Form eines grössten Kreises umzieht, wie es der Fall sein muss, wenn sich die Sonne innerhalb derselben befindet. Denn angenommen, eine Anzahl von Sternen sei zwischen zwei in einem gegebenen beträchtlichen Abstande von einander parallel laufenden und nach allen Seiten hin unbestimmt weit ausgedehnten Ebenen geordnet — eine Anordnung, die man Sternschicht nennen möge —, so wird ein Auge, dass sich an irgend einer Stelle innerhalb derselben befindet, sämmtliche längs der Ebenen der Schicht geordnete Sterne in einem grossen Kreise perspectivisch geordnet sehen, und zwar wird derselbe je nach der Anhäufung der Sterne mehr oder weniger hell erscheinen. Nehmen wir nun an, dass ein Zweig oder eine kleinere Schicht von der ersten nach einer gewissen Richtung hin auslaufe und von zwei unbestimmt ausgedehnten Parallelebenen eingeschlossen sei, nehmen wir ferner an, dass das Auge in der grossen Schicht an einer Stelle vor der Absonderung, nahe da, wo die Schichten noch vereinigt sind, sich befindet, so wird die zweite Schicht keineswegs als heller Kreis sich darstellen, sondern vielmehr als ein Zweig, der in weniger als 180° Winkelabstand zum Hauptstamme wieder zurückkehren wird. Nach diesen Betrachtungen lässt sich schliessen, dass die Sonne sich sehr wahrscheinlich in einer von den grossen Schichten der Fixsterne befindet und aller Vermuthung nach nicht weit von der Stelle, wo irgend eine kleinere Schicht als Zweig davon ausläuft. Mittels dieser Annahme lassen sich sehr befriedigend sämmtliche Erscheinungen der Milchstrasse erklären, die dann nichts anderes als eine perspectivische Erscheinung der in dieser Schicht und in ihrem Nebenzweige enthaltenen Sterne ist. Was uns ferner bewegen muss, die Milchstrasse aus diesen Gesichtspunkten anzusehen, ist der Umstand, dass wir nicht länger zweifeln können, ihr weissliches Aus-

Digitized by Google

sehen sei das Resultat des vereinigten Glanzes zahlloser Sterne. Wollten wir uns die Milchstrasse als einen unregelmässigen Ring von Sternen denken, so müssten wir die Sonne nahe bei seinem Mittelpunkte annehmen, ein Vorzug, wozu sich gar kein Grund einsehen lässt. Nach unserer Annahme hingegen wird jeder Stern dieser Schicht, ausser wenn er nahe am Ende ihrer Länge und Höhe steht, seine eigene Milchstrasse haben, natürlich mit denjenigen Veränderungen in Glanz und Lage, die eben seine Stellung mit sich bringt. Es lassen sich mancherlei Methoden einschlagen, um über den Ort der Sonne in der Sternschicht zu völliger Gewissheit zu gelangen. Ich will nur eine davon erwähnen, welche die allgemeinste und passendste ist, und von der ich bereits angefangen habe Gebrauch zu machen. Ich nenne sie das Aichen des Himmels (Gaging the Heavens, star-gage). Sie besteht darin, dass ich wiederholt die Anzahl von Sternen in zehn Gesichtsfeldern meines Teleskopes nehme, eines dicht am andern. Indem ich ihre Summe addire und eine Decimalstelle rechter Hand abschneide, erhalte ich einen Durchschnitt der Sternfülle des Himmels in allen den Theilen, die auf solche Weise geaicht werden. Legt man jetzt um einen angenommenen Punkt Linien proportional den verschieden gefundenen Aichungen und unter den Winkeln, welche die Aichungen angeben, dann wird eine durch die Endpunkte dieser Linien gelegte Fläche die Begrenzung der Schicht vorstellen und folglich den Standort der Sonne innerhalb derselben offenbaren."

1785. „Ich werde zeigen, dass das erstaunliche Sternsystem, welches wir bewohnen, aller Wahrscheinlichkeit nach ein abgesonderter Nebelfleck ist. Ich fand dieses Sternsystem, so weit ich noch herum gekommen bin, allenthalben deutlich begrenzt, an den meisten Stellen sogar sehr enge begrenzt. In dem dichtesten Theile der Milchstrasse habe ich Felder gehabt, die nicht weniger als 588 Sterne enthielten; es ergibt sich hieraus die Länge des Visionsradius nicht kleiner als 497 Abstände des Sirius von der Sonne. Andererseits hat mein Teleskop auch die Kraft, den vereinigten Glanz angehäufter Sterne, die einen milchartigen Nebel bilden, in einem ungleich grösseren Abstande zu zeigen, so dass nach diesen Betrachtungen wiederum höchst wahrscheinlich wird, dass mein gegenwärtiges Teleskop, da es keinen solchen Nebel in der Milchstrasse zeigt, bereits über den Umfang derselben hinausgeht."

1796. „Die Annahme gleicher Grösse und regelmässiger Vertheilung der Sterne (— worauf sich das System der Aichungen gründet —) entfernt sich viel zu sehr von der Wahrheit, um bei diesen Untersuchungen als Grundlage zu dienen. Die Sterne der ersten und zweiten Grösse beweisen bei sorgfältiger Untersuchung bis zur Evidenz, dass man, um genau zu sein, sie bis zu einem gewissen Grade ungleich gross oder in verschiedenen Distanzen stehend annehmen muss. Diese einzige Betrachtung genügt vollständig, um zu beweisen, dass, wie richtig auch vielleicht die Hypothese der gleichen Grösse und Vertheilung der Sterne von einem

Digitized by Google

allgemeinen Gesichtspunkte aus sein mag, sie von keinem Nutzen sein kann, wenn es sich um grosse Präcision handelt."

1802. „Obgleich von unserer Sonne und allen Sternen die wir sehen, mit Recht behauptet werden kann, dass sie in der Ebene der Milchstrasse sich befinden, so bin ich doch jetzt, nach lange fortgesetzter Ansicht und Untersuchung, überzeugt, dass die Milchstrasse selbst aus Sternen besteht, die auf eine ganz andere Art ausgestreut sind als die unmittelbar um uns her befindlichen." — „Die Sterne, aus denen die Milchstrasse besteht, sind sehr ungleich vertheilt und zeigen deutliche Spuren von Streben nach Zusammenhäufung in mehrere abgesonderte Theile. Zwischen β und γ im Schwan z. B. häufen sich die Sterne mit einer Theilung zwischen sich, so dass wir annehmen können, die Haufenbildung gehe nach zwei verschiedenen Gegenden." — „Meine Streifzüge durch den Himmel haben vollkommen erwiesen, dass die Helligkeit der Milchstrasse nur von Sternen herrührt, deren Zusammengedrängtheit zunimmt, wie die Helligkeit der Milchstrasse wächst. Allerdings können wir auch die Zunahme sowohl der Helligkeit als der Zusammendrängung einer grössern Tiefe des Raumes zuschreiben, in dem sich die Sterne befinden; doch auch daraus ergibt sich ebenfalls ihr Bestreben, sich in Haufen zu bilden. Denn da die Zunahme der Helligkeit stufenweise erscheint, so muss der Raum, der die sich häufenden Sterne enthält, Bestrebung zu sphärischer Gestalt äussern, wenn die stufenweise Zunahme der Helligkeit aus der Stellung der Sterne sich erklären soll."

1811. „Wenn Jemand die Bemerkung machen sollte, dass diese neue Anordnung nicht ganz mit dem übereinstimme, was ich in früheren Abhandlungen über diese Gegenstände gesagt, so gestehe ich offen, dass, bei Fortsetzung meiner Streifzüge durch den Himmel, meine Meinung über die Anordnung der Sterne, über ihre Grösse und über einige andere besondere Erscheinungen sich allmälig mit verändert hat. In der That, wenn man die Neuheit des Gegenstandes betrachtet, so darf man sich nicht wundern, wenn manches, das man vorher für ausgemacht annahm, sich bei genauerer Untersuchung ganz anders zeigt als wofür man es, wiewohl ohne hinlänglichen Grund, gemeinhin hielt. So mag z. B. eine gleichmässige Zerstreuung der Sterne behufs gewisser Berechnungen angenommen werden; untersuchen wir aber die Milchstrasse oder die eng zusammengepressten Sternhaufen, deren ich in meinem Verzeichnisse so viele angeführt habe, dann kann man diese gleichförmige Zerstreuung aufgeben."

1814. „Bei meiner Untersuchung des Himmels gewahrte ich an mehreren Stellen Sternflecke von so besonderem Aussehen, dass ich veranlasst war, sie in Bildung begriffene Haufen zu nennen. Dieses Bestreben, Haufen zu bilden, zeigt sich am deutlichsten in äusserst sternreichen Gegenden, und wenn wir das Dasein einer anhäufenden Kraft zu erforschen suchen, so müssen wir erwarten, dass ihre Wirkungen in und nahe der Milchstrasse sich am klarsten zeigen." — „Man bildet gewöhn-

Digitized by Google

lich in den Sternkarten die Milchstrasse als einen unregelmässigen, hellen Gürtel ab, der den Himmel umschliesst. Meine Sternaichungen haben bewiesen, dass diese weissliche Färbung von angehäuften Sternen herrührt, die zu klein sind, um mit blossem Auge wahrgenommen zu werden. Es ist augenscheinlich, dass, wenn die Milchstrasse jemals aus gleichförmig zerstreuten Sternen bestanden hat, dies nicht mehr der Fall ist. Denn in klarer Nacht sieht man den Zug derselben zwischen den Sternbildern des Schützen und Perseus durch nicht weniger als 18 verschiedene Schattirungen der Helligkeit bezeichnet, die grossen, leicht auflöslichen Nebeln gleichen. Ausser diesen allgemeinen Abtheilungen berechtigen uns bereits mitgetheilte Beobachtungen dazu, das Aufbrechen der Milchstrasse in allen ihren kleineren Theilen im Voraus zu vermuthen, als unvermeidliche Folge der haufenbildenden Kraft, welche aus den überwiegenden Anziehungen allenthalben in ihrem Umfange entsteht. — Da die Sterne der Milchstrasse beständig der Wirkung einer Kraft ausgesetzt sind, die sie unwiderstehlich in Gruppen zusammenzieht, so dürfen wir überzeugt sein, dass von dem Zustande blosser Annäherung zu Haufen sie stufenweise immer mehr durch fortschreitende Zustände von Anhäufung zusammengedrängt werden, bis sie dahin gelangen, was wir die Periode der Reife nennen können, nämlich zur Annahme der kugeligen Gestalt und der gänzlichen Isolirung. Daraus wird klar, dass die Milchstrasse endlich aufbrechen und aufhören muss ein Lager zerstreuter Sterne zu sein. Wir können noch einen wichtigen Schluss aus dieser allmäligen Auflösung der Milchstrasse ziehen. Der Zustand, in welchen die unaufhörlich wirkende, haufenbildende Kraft sie bis jetzt gebracht hat, ist eine Art Chronometer; ebenso wie das Aufbrechen der Milchstrasse den Beweis gibt, dass sie nicht ewig dauern kann, ebenso gibt es gleichzeitig Zeugniss, dass sie nicht seit Ewigkeit war."

1817. „In Beziehung auf die Aichungen, die unter Annahme gleicher Vertheilung der Sterne als wahre Distanzbestimmungen angesehen wurden, bemerke ich gegenwärtig Folgendes. Eine grössere Sternenmenge im Gesichtsfelde des Fernrohres ist allerdings im Allgemeinen ein Zeichen ihrer grössern Entfernung von uns; indess beziehen sich die Aichungen doch weit mehr auf die Entfernung der Sterne von einander, sie geben uns schätzbare Winke über die Ungleichheit des Sternenreichthums in den verschiedenen Regionen des Himmels." — „Auf den Inhalt des Himmels in den beiden verhältnissmässig leeren Räumen zu beiden Seiten der Milchstrasse näher einzugehen, würde weit die Grenzen dieser Abhandlung überschreiten. Ich werde daher nur eine einzige merkwürdige Folgerung beibringen, welche sich aus den Versuchen über die aichenden Kräfte ziehen lässt. Man stelle sich eine Sphäre, beschrieben mit dem Radius der 12. Ordnung der Distanzen vor, so enthält dieselbe alle mit blossem Auge sichtbaren Sterne. Wenn nun die Breite der Milchstrasse nur 5 Grad wäre, und ihre Tiefe die 908. Ordnung der Distanz nicht überstiege, so würden die zwei Parallele, welche die Breite der Milch-

Digitized by Google

strasse vorstellen, auf jeder Seite vom Centrum der eingeschlossenen Sphäre sich weiter als auf die 39. Ordnung der Distanzen erstrecken. Daraus folgt, dass nicht bloss unsere Sonne, sondern alle Sterne, die wir mit dem blossen Auge sehen können, tief in der Milchstrasse liegen und einen Theil derselben ausmachen."

1818. „Bei diesen zehn Beobachtungen ergab sich, dass die Aichungen in der Milchstrasse in ihrem Fortschreiten durch die äusserste Lichtschwäche der Sterne aufgehalten wurden. Dies kann jedoch keinen Zweifel übrig lassen bezüglich des Fortschrittes der sternigen Regionen. Denn wenn in einer Beobachtung eine zarte Neblichkeit vermuthet wurde, so erwies die Anwendung einer stärkern Vergrösserung, dass dieses zweifelhafte Aussehen einer Untermischung von mehreren Sternen zuzuschreiben war, die zu klein waren, um deutlich mit geringer Vergrösserung erkannt zu werden. Daraus dürfen wir folgern, dass wenn unsere Aichungen die Milchstrasse nicht mehr in Sterne zerlegen, dies nicht etwa daher rührt, weil ihr Wesen zweifelhaft, sondern weil ihre Tiefe unergründlich ist."

Herschel's Untersuchungen der Milchstrasse haben daher im Grossen und Ganzen unsere Kenntnisse von ihrem Baue auf der Stufe gelassen, auf welcher sie standen, als er sich mit dieser ungeheueren Sternenhäufung zu beschäftigen begann, nämlich auf dem Standpunkte der Vermuthung und Hypothese. Die Untersuchungen von Wilhelm Struve haben diesen Theil der Astronomie weiter gefördert; ihnen gegenüber nehmen sich die Herschel'schen Ausführungen zum Theile sehr primitiv aus.

Struve basirt seine Untersuchungen (études d'Astronomie stellaire 1847) auf die Sternverzeichnisse von Lalande, Bessel und Argelander, sowie auf William Herschel's Sternaichungen. Besonders Bessel's Zonenbeobachtungen in der Reduction von Weisse (dessen Catalog die Zahl von 31895 Sternen zwischen + 15° und — 15° Declination für 1825,0 enthält) spielen eine wichtige Rolle hierbei. Nach Ausschluss der Sterne 10. Grösse der mehrfach beobachteten und der nicht ganz genau innerhalb der angegebenen Grenzen befindlichen Sterne, findet Struve folgende Vertheilung auf die Grössenclassen:

1. bis 6. Grösse :	664 Sterne.	8. Grösse :	8183 Sterne.
7. „	2500 „	9. „	19738 „

Eine Vergleichung mit Argelander's Uranometrie und Piazzi's Cataloge, lässt Struve an der Hand einer scharfsinnigen Analyse zu dem Resultate gelangen, dass die Gesammtzahl der von Bessel in der angegebenen Zone beobachteten Sterne 1. bis 9. Grösse sich zur Gesammtzahl aller überhaupt dort vorhandenen verhalte, wie 0,5956 : 1, dass sonach die Zahl sämmtlicher dort vorhandener Sterne der angegebenen Grössenclassen sich auf 52199 belaufe. Die fernere Untersuchung des Grades der Vollständigkeit des genannten Cataloges je nach den 24 Stunden der

Digitized by Google

Rectascension und der Sterngrössen, führte hierauf zu einer Tafel, der Sternenzahl 1. bis 9. Grösse zwischen + 15° und — 15° in den einzelnen Stunden der Rectascension. Aus dieser Tafel mögen hier folgende Zahlen Platz finden.

Stunden der Rectascension	Zahl der Sterne 1. bis 9. Grösse nach Bessel	Zahl der Sterne 1. bis 6. Grösse nach Argelander	Stunden der Rectascension	Zahl der Sterne 1. bis 9. Grösse nach Bessel	Zahl der Sterne 1. bis 6. Grösse nach Argelander
1	1516	29	13	1533	36
2	1609	40	14	1766	35
3	1547	45	15	1896	31
4	2146	67	16	1661	35
5	2742	92	17	2111	31
6	4422	64	18	3229	38
7	3575	36	19	2751	55
8	2854	32	20	2566	50
9	1973	40	21	1752	50
10	1631	26	22	1652	42
11	1797	30	23	1811	45
12	1604	31	24	2055	34

Betrachtet man in dieser Tafel die Sternhäufigkeit in den einzelnen Stunden der Rectascension, so bemerkt man sofort Maxima für 6 und 18, Minima für 1 und 13 Uhr. Diese Maxima und Minima zeigen sich auch für die einzelnen Grössenclassen von der 7. an sehr deutlich und selbst in der Aufzählung der Sterne 1. bis 6. Grösse sind sie noch angedeutet. Genauer betrachtet gruppiren sich die Maxima der Sternfülle oder Dichtigkeit um zwei Punkte von $6^h\,40^m$ und $18^h\,40^m$, die Minima um $1^h\,30^m$ und $13^h\,30^m$ Rectascension. Da bei den Betrachtungen über die Sternfülle der einzelnen Rectascensionsstunden von den Declinationen Abstand genommen wurde, so kann man sich die gewonnenen Zahlen graphisch am Rande einer kreisförmigen Scheibe versinnlichen, deren Mittelpunkt die Sonne einnimmt. Man findet dann, dass die Linie der grössten Sternfülle, nämlich diejenige, welche die beiden Punkte grösster Sterndichte am Rande der Scheibe mit einander verbindet, nicht genau durch die Sonne geht, sondern um einen geringen Betrag davon abweicht. Der Mittelpunkt dieser Sehne ist der wahre Centralpunkt für die Sterngruppirung und von ihm weicht die Sonne in der Richtung des Rectascensionskreises von 13^h ab.

Struve geht nun weiter über zur Vergleichung dieser Resultate mit den Erscheinungen, welche uns die Milchstrasse darbietet. Die beiden

Digitized by Google

Maximalpunkte der Sternfülle in $6^h\ 40^m$ und $18^h\ 40^m$ Rectascension fallen fast ganz genau mit der Lage der Milchstrasse im Aequator zusammen. Wenn es sich oben herausstellte, dass die Lage der Sonne gegen den Sternengürtel etwas excentrisch ist und zwar in der Richtung gegen das Sternbild der Jungfrau, so bestätigt sich dies in dem Zuge der Milchstrasse, deren Nordpol $12^h\ 38^m$ Rectascension und $31{,}5^0$ nördliche Declination besitzt. Struve findet es daher ausser Zweifel, „dass die Erscheinung der Sternhäufung oder Condensation, aufs Engste mit der Natur der Milchstrasse verbunden ist oder vielmehr, dass diese Condensation und der Anblick der Milchstrasse identische Erscheinungen sind", und fährt dann fort: „Herschel hat 1817 bewiesen, dass die Milchstrasse unergründlich für sein vierzigfüssiges Teleskop ist. Die nämliche Unsicherheit über die Grenzen der sichtbaren Sterne existirt in allen anderen Richtungen des Himmelsgewölbes, also auch gegen die Pole der Milchstrasse hin. Nirgendwo sind wir im Stande, die letzten Sterne zu unterscheiden. Hieraus folgt, dass wenn wir alle die Sonne umgebenden Fixsterne ein grosses System bilden sehen, nämlich eben jenes der Milchstrasse, wir in vollkommener Unkenntniss über seine Ausdehnung sind und daher nicht die geringste Idee über die äussere Form dieses ungeheuren Systems besitzen." Diese letzten Behauptungen Struve's sind übrigens keineswegs als erwiesen anzusehen. Wenn es auch dem 40füssigen Teleskope Herschel's nicht gelang, die äussersten Grenzen der Milchstrasse zu erreichen, so folgt daraus durchaus nicht, dass dies ebenso unmöglich für die Gegenden um die Pole der Milchstrasse herum sein müsse. Die 10 Aichungen Herschel's, die wegen der Kleinheit der aufglimmenden Sterne ausgesetzt wurden, wo also die Sondirlinie die äussere Grenze nicht erreichte, fanden in der Milchstrasse, keineswegs aber in grosser Entfernung von ihr statt.

Diese unergründlichen Punkte in der Milchstrasse, auf welche Herschel stiess, sind folgende (Abhandl. von 1817 und 1818):

Heller Fleck im Degengriffe des Perseus. „Mit der ganzen raumdurchdringenden Kraft des (10füssigen) Instruments erhielten die ausserordentlich zarten Sterne im Gesichtsfelde mehr Licht, aber noch zartere, weissliche Punkte konnten wegen nicht ausreichender aichender Kraft nicht entschieden werden."

AR. $12^h\ 4^m$, NP. D. $87^0\ 5'$. 1785 Juli 30. „Die Sterne sind ausserordentlich zahlreich, aber zu klein für das Aichen."

AR. $5^h\ 33^m$, NP. D. $66^0\ 6'$. 1785 December 7. „Es sind etwa 66 Sterne im Gesichtsfelde, und viele andere so klein, dass sie nicht zum Aichen tauglich sind."

AR. $20^h\ 40^m$, NP. D. $54^0\ 36'$. 1786 September 20. „Etwa 320 Sterne im Gesichtsfelde ausser vielen andern, die zu klein sind um deutlich gesehen zu werden."

AR. $21^h\ 57^m$, NP. D. $35^0\ 18'$ bis $38^0\ 15'$. 1787 October 14. „In diesem Theile des Himmels scheinen die grösseren Sterne von der 9. bis

Digitized by Google

10. Grösse zu sein, die kleineren sind stufenweise schwächer bis sie dem Blicke sich entziehen. Diese Erscheinungen begünstigen den Gedanken an einen rückwärts gelegenen, weiter entfernten, sich in einen Haufen zusammenziehenden Theil der Milchstrasse."

AR. $20^h\ 8^m$, NP. D. $70^0\ 9'$ bis $72^0\ 49'$. 1784 September 18. „Das Ende der Sternschicht in der Milchstrasse kann man nicht sehen."

AR. $6^h\ 42^m$, NP. D. $88^0\ 33'$. 1786 September 17. „Es sind 116 Sterne im Gesichtsfelde, ausser vielen die zu klein für das Aichen erscheinen."

AR. $21^h\ 29^m$, NP. D. $41^0\ 4'$. 1788 September 21. „Es sind ungefähr 360 Sterne im Gesichtsfelde, doch die meisten so klein, dass die äusserste Aufmerksamkeit nothwendig ist, sie zu sehen."

AR. $21^h\ 17^m$, NP. D. $52^0\ 50'$. 1788 September 27. „Bei 300facher Vergrösserung eine beträchtliche Menge von Sternen mit Nebel."

AR. $19^h\ 50^m$, NP. D. $47^0\ 0'$. 1790 September 11. „Ungefähr 240 Sterne im Gesichtsfelde, mit vielen die zu klein zum Zählen sind." —

Struve bemerkt an einer spätern Stelle seiner Untersuchungen, es sei nicht unmöglich, dass in der Nähe des nördlichen Poles der Milchstrasse Herschel's Teleskope fast die Grenze der Sternschicht erreicht hätten. Um diese Frage zu entscheiden, schlägt er vor, diese Regionen mittels zweier Teleskope zu untersuchen, von denen das eine die raumdurchdringende Kraft der Herschel'schen, das andere aber noch eine weit grössere besitze; wenn beide an derselben Stelle des Himmels die nämliche Sternenzahl zeigten, so wäre hier die Grenze der Schicht erreicht.

Von den 683 Aichungen des ältern Herschel fallen 266 in die oben angegebene äquatoreale Zone des Himmels und Struve hat hiernach die relative Sterndichte für jede der 24 Rectascensionsstunden berechnet, wie sie nachstehende Tabelle enthält.

Digitized by Google

Stunde	Mittlere Sternzahl im Gesichtsfelde des Teleskopes	Relative Sternfülle	Zahl der Aichungen	Stunde	Mittlere Sternzahl im Gesichtsfelde des Teleskopes	Relative Sternfülle	Zahl der Aichungen
1	7,4	0,27	9	13	8,7	0,32	9
2	7,7	0,29	14	14	8,9	0,33	6
3	6,9	0,26	8	15	9,7	0,36	8
4	21,6	0,80	6	16	15,8	0,59	9
5	49,3	1,82	16	17	37,1	1,37	6
6	71,4	2,64	29	18	84,0	3,11	45
7	67,8	2,51	8	19	102,1	3,78	16
8	32,4	1,20	4	20	40,1	1,49	16
9	10,4	0,39	5	21	20,5	0,76	14
10	5,9	0,22	5	22	12,8	0,47	11
11	4,9	0,18	4	23	8,1	0,30	5
12	5,0	0,19	7	24	9,3	0,34	6

Die relative Sternfülle ist in dieser Tafel aus dem Verhältnisse der mittlern Sternhäufigkeit aller 24 Stunden (26,995) zu derjenigen der betreffenden einzelnen Stunde berechnet.

Aus dieser Tafel ergibt sich, dass die grösste Sternmenge nach Herschel's Aichungen sehr nahe auf diejenigen Punkte fällt, welche die Maxima der Sterne bis zur 9. Grösse aufweisen. Das absolute Minimum der Verdichtung, gegen 12^h Rectascension hin, stimmt ebenfalls mit der Lage der Sonne gegen den Nordpol der Milchstrasse in einer geringen Distanz von der Hauptebene, überein. Die Aichungen ergeben indess weit grössere Unterschiede in den Extremen der Sterndichte als die Zonen Bessel's aufweisen. Im Mittel der beiden Maxima und Minima der Häufigkeit der Sterne 1. bis 9. Grösse findet sich für das Verhältniss der geringsten zur grössten Häufigkeit 1 : 2,51, während die Aichungen für dasselbe Verhältniss 1 : 14,1 ergeben. „Hieraus folgt," sagt Struve, „dass in der Entfernung der letzten in Herschel's Teleskop sichtbaren Sterne in der Richtung des Poles der Milchstrasse die Dichtigkeit der Sterne weniger als $^1/_5$ von derjenigen ist, welche in der äussersten Entfernung der Sterne 9. Grösse stattfindet. Die fortwährende Abnahme der Sternfülle in der senkrecht zur Hauptebene befindlichen Richtung ist also durch die Beobachtung erwiesen."

Betrachtet man die oben mitgetheilte Tafel der Sternmenge 1. bis 9. Grösse in der Zone von $+ 15^0$ bis $- 15^0$ Declination, so findet man,

Digitized by Google

dass die Gesammtzahlen der sichtbaren Sterne in den entgegengesetzten Stunden allenthalben nahe gleich ist. Etwas Analoges findet sich für die correspondirenden Stunden, nämlich diejenigen, welche gleich weit von den Stunden 6 und 18 der Maxima abstehen, wie letzteres folgende Tafel zeigt.

Correspondirende Stunden.		Zahl der Sterne 1. bis 8. Grösse.				Mittel.
0^h und 12^h		480		405		442
1	23 13	432	448	441	459	445
2	22 14	466	487	517	503	493
3	21 15	470	490	513	526	500
4	20 16	657	684	686	520	637
5	19 17	815	843	761	713	783
6 18		1104		1040		1072

Die Mittelzahlen der letzten Colonne zeigen einen bemerkenswerthen Gang von einem Minimum gegen ein Maximum; die kleinen Unregelmässigkeiten erklären sich durch die nicht absolute Genauigkeit der benutzten Zahlenwerthe, vielleicht selbst durch gewisse locale Anomalien, zum Theil auch durch die Lage der Sonne etwas ausserhalb der Generalebene. Theilt man die Gesammtzahl in zwei Theile beiderseits von dem Durchmesser zwischen $6^1/_2{}^h$ und $18^1/_2{}^h$, welcher nahe derjenige der grössten Sternfülle ist, so erhält man:

in den 12 Stunden von $6^1/_2{}^h$ bis $18^1/_2{}^h$ Rectascension: 7116 Sterne,
„ „ „ „ „ $18^1/_2{}^h$ „ $6^1/_2{}^h$ „ 7344 „

Es ist der Unterschied von 228 Sternen übereinstimmend mit der excentrischen Lage der Sonne gegen den Stundenkreis von 13^h. Die Sterne der 1. bis 9. Grösse ergeben für sich eine analoge, aber beträchtlich stärkere Differenz, die vielleicht von der geringen Genauigkeit des für die Gesammtzahl der Sterne 9. Grösse gefundenen Werthes abhängt.

Struve geht nun dazu über, das Gesetz der mittlern Sternverdichtung in den verschiedenen Abständen senkrecht zur Ebene der Milchstrasse, zu bestimmen. Er stützt sich hierbei auf Herschel's Aichungen, die er zu Mittelzahlen vereinigt und dabei von 15 zu 15 Grad Winkeldistanz fortschreitet. Die gefundenen Mittelwerthe sind:

Winkeldistanz φ von der Ebene der Milchstrasse	Mittlere Sternfülle z	Zahl der Aichungen
0	122,00	151
15	30,30	56
30	17,68	34
45	10,36	48
60	6,52	18

Digitized by Google

Ueber 60° hinaus sind die Aichungen nicht zahlreich genug, um sichere Mittelwerthe zu geben, doch würde annähernd für 75° Winkeldistanz eine mittlere Sternfülle von 4,681 sich herausstellen. Indem Struve die obigen fünf Werthe in eine Formel, die nach Vielfachen von φ fortschreitet, zusammenfasst, findet er für $\varphi = 75°$, $z = 4{,}69$, für $\varphi = 90°$, $z = 4{,}15$. Hiernach würde Herschel's zwanzigfüssiges Teleskop also an den Polen der Milchstrasse 29,4mal weniger Sterne gezeigt haben, als in der Ebene derselben.

Durch Integration gelangt Struve ferner zu der Zahl von 10 187 017 Sternen als Gesammtfülle aller im 20füssigen Teleskop am nördlichen Himmel wahrnehmbaren Fixsterne.

Fasst man die Mittelzahlen der Sternfülle (im Gesichtsfelde des 20-füssigen Teleskops von $7\frac{1}{2}'$ Radius) von 15 zu 15 Grad zusammen, so ergeben sich nach Struve für die Hemisphäre nördlich von der Milchstrasse sowie nach Sir John Herschel für die südliche Hemisphäre folgende Werthe:

Winkeldistanz in der Ebene der Milchstrasse	Mittlere Sternzahl der nördlichen Hemisphäre	Mittlere Sternzahl der südlichen Hemisphäre
0 — 15°	53,43	59,06
15 — 30	24,09	26,29
30 — 45	13,61	13,49
45 — 60	8,21	9,08
60 — 75	5,42	6,62
75 — 90	4,32	6,05

Indem Struve im fernern Verlaufe seiner Untersuchungen, den Radius der Sphäre, welche alle in Herschel's Teleskop noch sichtbaren Sterne umschliesst, zur Einheit nahm, leitete er eine Formel ab, welche für die verschiedenen linearen Distanzen x von der Ebene der Milchstrasse, die zugehörige Sternhäufigkeit oder Dichtigkeit ϱ ergab. Die Bemerkung, dass, wenn der lineare Abstand zweier benachbarter Sterne in der Mitte der Milchstrasse zur Einheit genommen wird, die mittleren Abstände der den einzelnen x entsprechenden Sterne sich umgekehrt wie die Cubikwurzel aus ϱ verhalten, ergab dann die mittleren Distanzen dieser Sterne. Auf diese Weise wurde folgende Tafel erhalten, welche sich von $x = 0$ bis $x = 0{,}866$ ($= \sin 60°$) erstreckt. Ueber diesen Werth hinaus ist die Formel nicht wohl verwendbar.

Digitized by Google

Abstand von der Ebene der Milchstrasse	Sternhäufigkeit			Mittlere Distanz zweier benachbarter Sterne
$x =$	$\varrho =$	ϱ'	ϱ''	$d =$
0,00	1,00000	(1,0000)	1,0000	1,000
0,05	0,48568	(0,9755)	0,9459	1,272
0,1	0,33288	(0,9111)	0,8185	1,458
0,2	0,23895	(0,7422)	0,5659	1,611
0,3	0,17980	(0,6075)	0,4267	1,772
0,4	0,13021	(0,5244)	0,3607	1,973
0,5	0,08646	(0,4766)	0,3278	2,261
0,6	0,05510	(0,4480)	0,3097	2,628
0,7	0,03079	(0,4302)	0,2989	3,190
0,8	0,01414	(0,4187)	0,2920	4,136
0,866	0,00532	(0,4132)	0,2888	5,729

Die durch die Tafel nachgewiesene Abnahme der Sternhäufigkeit mit wachsender Entfernung von der Ebene der Milchstrasse, zeigt sich auch in den Zählungen der Bessel'schen Zonensterne 1. bis 9. Grösse. Struve findet für eine, dem Radius der Sphäre welche die Sterne 1. bis 7. Grösse umschliesst, gleiche Distanz der Schicht von der Ebene der Milchstrasse, die mittlere Sternhäufigkeit = 0,40525, für eine dem Radius der Sphäre, welche die Sterne 1. bis 8. Grösse umschliesst, gleiche lineare Distanz von der Ebene der Milchstrasse dieselbe Sterndichte = 0,28410. Wird nun die Entfernung der äussersten Sterne, welche Herschel's Teleskop wahrnehmen liess = 1,0 gesetzt, so findet derselbe Astronom ferner als

Radius der Sphäre, welche umschliesst:

die Sterne 9. Grösse: 0,16567
„ „ 8. „ 0,10907
„ „ 7. „ 0,06338

Für die Distanz 0,06338 findet sich nun:

nach Herschel's Aichungen: Sterndichte 0,41365
„ Bessel's Zonen: Sterndichte . . . 0,40525
Differenz . . . 0,00840

Für die Distanz 0,10907 ergibt sich:

nach Herschel's Aichungen: Sterndichte 0,31083
„ Bessel's Zonen: Sterndichte . . . 0,28410
Differenz . . . 0,02673

Digitized by Google

Diese grosse Uebereinstimmung, welche Struve als einen Beweis ansieht, dass dasselbe Gesetz der Verdichtung gegen die Milchstrasse hin, auch für die Sterne in dem Abstande der Fixsterne 8. Grösse gilt, ist indess ziemlich illusorisch.

Es ergibt sich dies sofort, wenn man die Sterndichten in gleichen Winkelabständen von der Ebene der Milchstrasse nach Herschel's Aichungen, welche sich auf die äussersten noch wahrnehmbaren Sterne beziehen, mit denjenigen vergleicht, welche sich aus Bessel's Zonen, nach der von Struve abgeleiteten Formel, für die Sterne 1. bis 7. und 1. bis 8. Grösse ergeben. Wäre nämlich die Condensation für die Sterne der letzten Classe gegen die Ebene der Milchstrasse die nämliche wie für die kleinen Sterne, die Herschel in seinem Teleskope noch erblickte, so müsste für alle Winkelabstände von der Ebene der Milchstrasse wenigstens das Verhältniss beider Dichtigkeiten ein constantes sein. Ich habe, der obigen Tafel der Sternhäufigkeit nach Herschel's Aichungen entsprechend, eine analoge für die Sterne 1. bis 7. Grösse nach Bessel's Zonenbeobachtungen berechnet, die erhaltenen Werthe sind die eingeklammerten der obigen Tafel unter der Rubrik ϱ'. Die Werthe von ϱ'' sind durch Struve berechnet, und beziehen sich auf die Sterne 1. bis 8. Grösse. Vergleicht man diese mit den daneben stehenden, welche sich auf alle noch in Herschel's Teleskop sichtbaren Sterne bezieht, so erkennt man sofort, dass die Sterne der 1. bis 7. Grösse wesentlich anders gruppirt sind. Fasst man sämmtliche überhaupt sichtbaren Sterne ins Auge, deren Mehrzahl in der Milchstrasse liegt, so nimmt eben deshalb die Sterndichte in gleichen Winkelabständen von der Milchstrasse weit rascher ab, wie wenn man bloss die Sterne der 1. bis 7. Grösse betrachtet. Diese Abnahme würde noch rascher sein, wenn Herschel's Teleskope mächtiger gewesen wären, und ihm also in der Milchstrasse selbst mehr Sterne gezeigt hätten. Die Ansicht Struve's, die aus seiner ganzen Untersuchung hervorgeht: sämmtliche für uns wahrnehmbaren Fixsterne gehörten zum Systeme der Milchstrasse und die mittleren Distanzen zwischen zwei benachbarten Sternen nähmen in dem Maasse zu, als die Sterne entfernter von der Ebene der Milchstrasse ständen, erweist sich daher nicht als stichhaltig. Diese Distanzen fallen nämlich für die verschiedenen Schichten, wie sich aus obiger Tafel ergibt, viel gleichmässiger aus, wenn man die Sterne der Milchstrasse eliminirt. Auch berechnet Struve die von ihm angegebenen Distanzen, indem er den Radius der Milchstrasse benutzt, was für die Sterne im Pole der Milchstrasse offenbar nicht zulässig ist. Die Sterne in der Nähe desselben stehen eben nicht so weit von uns entfernt, als diejenigen der Milchstrasse. Einen directen Beweis für diese Thatsache hat Struve sogar selbst beigebracht. Aus Herschel's Sternaichungen findet sich, dass sich die Zahl der Sterne in der Nähe des Nordpoles der Milchstrasse zur Zahl derjenigen in ihrer Ebene wie 1 : 29,4 verhält. Für die Sterne 1. bis 7. Grösse ist dieses Verhältniss bloss 1 : 2,51. Will man aber, wie man bei

Digitized by Google

dieser ganzen Untersuchung nothwendig muss, eine dem Raume proportionale Vertheilung der Fixsterne annehmen, so folgt aus diesen Thatsachen keineswegs eine grössere mittlere Distanz der Sterne an den Polen der Milchstrasse, sondern vielmehr eine grössere Nähe derselben. An den Polen der Milchstrasse ist die Begrenzung unserer Fixsternschicht wahrscheinlich bereits erreicht worden, und sie liegt uns verhältnissmässig nahe, weil die Zahl der sehr lichtschwachen Fixsterne im Verhältniss zu derjenigen 1. bis 9. Grösse, bei Anwendung der grössten Teleskope nur wenig zunimmt; in der Milchstrasse zeigen sich hingegen fortwährend zahllose neue Sterne in dem Maasse, wie die Kraft des Teleskopes wächst.

Die Zunahme der Sternfülle in der unmittelbaren Nähe der Ebene der Milchstrasse ist eine so rasche, dass man nicht wohl an eine nähere Verbindung der Fixsterne, welche diesen ungeheueren Complex bilden, mit denjenigen ausserhalb desselben denken kann. Wollte man indess eine solche annehmen, so würde man in dem Maasse, als kräftigere Teleskope neue und zahlreichere Sterne in der Milchstrasse entdecken, die Gestalt unseres Fixsternsystems immer näher einer sehr flachen Linse oder Scheibe annehmen müssen, was schon gegenüber der sehr grossen Zahl kugelförmiger Sternhaufen, die man als Analoga unseres Fixsternsystems betrachten darf, nicht wohl gestattet ist. Alle bisherigen Untersuchungen vereinigen sich dahin, anzunehmen, dass der Fixsterncomplex, zu dem unsere Sonne gehört, ein nicht sehr elliptischer, fast kugelförmiger ist. Die Ebene seines Aequators fällt mit der Ebene der Milchstrasse zusammen, letztere gehört aber keineswegs zu dem nähern Verbande unseres Systems.

Die genauere Untersuchung der Milchstrasse zeigt den unregelmässigen Bau derselben. Grosse lichte Stellen, mit dichten Sternschwärmen und geballten Nebelflecken erfüllt, wechseln unmittelbar ab mit dunklen gewundenen Strassen, ähnlich jenem Canale, der sich von α Cephei in der Richtung auf ζ Cygni zieht und dessen Ufer beiderseits von leuchtenden Nebeln begrenzt werden. Von ungleich hellen Stellen, von Flecken und Lichtwolken in der Milchstrasse, erwähnt der ältere Herschel gelegentlich: einen sehr hellen Streifen unter dem Pfeile des Schützen, eine weisse Wolke im Sobieski'schen Schilde, einen hellen Fleck nördlich von α, β und γ Adler, zwei sehr lichtschwache Stellen zwischen dem Adler und dem Schilde, eine ausgedehnte lichtschwache Stelle hinter der Schulter des Ophiuchus; helle Stellen bei β, γ, ζ Schwan, eine sehr helle im Degengriffe des Perseus, einen dunkeln Fleck zwischen α und γ Cassiopeia u. s. w. In seiner Abhandlung von 1785 beschreibt Herschel einen grössern, durch eine sehr geringe Anzahl Sterne ausgezeichneten Raum in der Milchstrasse als eine „Oeffnung im Himmel". „Einige Theile unseres Systems," sagt der grosse Beobachter, „scheinen, wenn ich mich so ausdrücken darf, bereits grössere Verwüstungen von der Zeit erlitten zu haben als andere. Im Leibe des Skorpions ist beispielsweise eine Oeffnung, welche wahrscheinlich von dieser Ursache herrührt. Ich fand die-

Digitized by Google

selbe, als ich in dem Parallelstreifen von 112° bis 114° Nordpoldistanz aichte. Meine Aichungen nahmen, als ich mich der Milchstrasse näherte, stufenweise zu, als sie plötzlich auf Null herabsanken, einige grössere Sterne ausgenommen. Diese Oeffnung ist mindestens 4 Grad breit; ihre Höhe habe ich indess noch nicht bestimmt. Es ist merkwürdig, dass einer der reichsten und zusammengedrängtesten Sternhaufen, die ich mich jemals erinnere gesehen zu haben, gerade an dem westlichen Rande der Oeffnung liegt, und beinahe zu der Muthmaassung berechtigt, dass die Sterne, aus denen er zusammengesetzt ist, von jener Stelle sich gesammelt und die Lücke hinterlassen haben." Eine merkwürdige Thatsache haben die Beobachtungen der beiden Herschel vollkommen sichergestellt, nämlich die grosse Anhäufung von Sternhaufen in der Milchstrasse, während die Maxima der Häufigkeit der Nebel keineswegs hierhin fallen. Der siderale Inhalt der Milchstrasse ist ein höchst mannigfacher und weit davon entfernt, ein irgend symmetrisch gruppirter zu sein, wie es der Fall sein müsste, wenn die Milchstrasse als ein ungeheurer geschlossener Sternenring unsern Fixsternhimmel umschlösse. Man muss vielmehr annehmen, dass die scheinbare Ringform der Milchstrasse nur eine optische Täuschung ist und hervorgebracht wird durch die Lagerung einer unbestimmt grossen Zahl von kleineren und grösseren Sternhaufen und Sterngruppen in einer und derselben Ebene, die uns gerade als Ebene der Milchstrasse erscheint. Was Kant, von blosser Speculation ausgehend, als wahrscheinlich hinstellte: die Existenz einer Hauptebene für die Fixsternwelt, analog derjenigen, um welche im Sonnensysteme die Planetenbahnen gruppirt sind, findet in den genaueren Untersuchungen, welche sich auf Sterncataloge und Aichungen gründen, seine Bestätigung. Die Verwüstungen durch die Zeit und die Spuren von Aufbrechen der Schichten, welche Herschel der Aeltere in einzelnen Theilen der Milchstrasse phantasiereich zu erkennen glaubte, ebenso wie die berühmten „Oeffnungen im Himmel", erklären sich ungezwungen aus der perspectivischen Ausstreuung verschiedener hintereinander befindlicher, ungleich grosser, dichter und entfernter Sternhaufen und Nebelflecke. Alle diese Weltsysteme, zu denen als ein ebenbürtiges Ganzes auch unser Fixsternhaufe gehört, liegen freilich keineswegs vollkommen genau in einer und derselben Ebene, es finden vielmehr Abweichungen statt, analog den verschiedenen Neigungen der Planetenbahnen gegen eine mittlere Grundebene. In dieser Weise lassen sich, wie es scheint, die Ausläufer der Milchstrasse sowohl als ihre merkwürdige Bifurcation am ungezwungensten erklären. Von jedem Partialgliede der einzelnen Sternschwärme und Sternhaufen aus, welche das System der Milchstrasse bilden, stellt sich diese nahe als grösster Kreis und in ähnlichen Zügen dar, wie für uns. Dass die Tiefen dieser ungeheuren Fixsternschicht nicht zu ergründen sind, ist nach den jetzt gewonnenen Vorstellungen von dem Baue der Milchstrasse, nicht wunderbar. Schwieriger bleibt es dagegen, Vermuthungen zu wagen über die Stellung der Sternhaufen und Nebelflecke im Raume, welche weit entfernt

Digitized by Google

von der Ebene der Milchstrasse, sichtbar werden. Es scheint aber, dass die Hauptschicht der Fixsterne in gewissen Entfernungen beiderseits von kleineren oder grösseren Sternhaufen umgeben wird. Von den Nebelflecken, deren viele, wie die Spectralanalyse gelehrt hat, wirkliche Nebelmaterie sind, stehen die meisten sicherlich innerhalb unseres Fixsternsystems, andere aber, bilden eigene Sternsysteme für sich. Es ist bis jetzt Niemandem gegeben, mehr als Vermuthungen über diese Organisationen der höchsten uns bekannten Ordnungen zu hegen.

Eine wichtige Rolle bei der Frage nach dem Baue des Himmels bilden die mittleren Distanzen der Sterne verschiedener Grössenclassen von einander. Unter Voraussetzung einer dem Raume entsprechenden, gleichmässigen Vertheilung, findet Struve folgende relativen Abstände der Sterne verschiedener Grösse.

Sterngrösse (nach Argelander)	Mittlere Distanz	Sterngrösse (nach Bessel)	Aeusserste Distanz
1	1,0000	6	8,2160
2	1,8031	7	14,4365
3	2,7630	8	21,8445
4	3,9057	9	37,7364
5	5,4545	Herschel's schwächste Sterne	227,782
6	7,7258		

Die Möglichkeit, diese relativen Distanzen in einer linear abgemessenen Einheit (wie z. B. der Erdbahnhalbmesser ist) auszudrücken, hängt ab von der Zunahme genauer Parallaxenmessungen der uns nächsten Sterne; sie ist jetzt nur bedingungsweise zu realisiren. Schon im Jahre 1846 hat es indess C. A. F. Peters versucht, in einer überaus merkwürdigen Abhandlung über die Parallaxe der Fixsterne, Mittelwerthe für die Parallaxen der Sterne zweiter Grösse zu gewinnen. (Mém. Acad. St. Petersburg Vol. V.). Er stützt sich hierbei auf 35 Sterne, die in den Dorpater Beobachtungen von 1818 bis 1821 positive Werthe für ihre Parallaxen ergeben hatten, welche die wahrscheinlichen Fehler um ein Vielfaches übertrafen. Von diesen Sternen wurden gleichwohl zwei (61 Schwan und 1830 Groombridge) wegen ihrer grossen Eigenbewegungen als Ausnahme betrachtet und ausgeschlossen. Eine scharfsinnige Untersuchung ergab dann aus den übrigen 33 Werthen, dass die mittlere Parallaxe der Sterne der zweiten Grösse zu $0{,}116'' \pm 0{,}014''$ anzunehmen ist.

Mittels dieses Werthes hat nun Struve die obigen relativen Distanzen in absolute verwandelt und folgende Tafel berechnet:

Digitized by Google

Scheinbare Helligkeit in Sterngrössen	Parallaxe in Bogensecunden	Distanz in Erdbahnradien	Zeit, welche das Licht gebraucht, um diesen Raum zu durchlaufen
1 Argelander	0,209	986 000	15,5 julianische Jahre
1½ „	0,166	1 246 000	19,6 „ „
2 „	0,116	1 778 000	28,0 „ „
2½ „	0,098	2 111 000	33,3 „ „
3 „	0,076	2 725 000	43,0 „ „
3½ „	0,065	3 151 000	49,7 „ „
4 „	0,054	3 850 000	60,7 „ „
4½ „	0,047	4 375 000	69,0 „ „
5 „	0,037	5 378 000	84,8 „ „
5½ „	0,034	6 121 000	96,6 „ „
6 „	0,027	7 616 000	120,1 „ „
6½ „	0,024	8 746 000	137,9 „ „
6½ Bessel	0,025	8 100 000	127,7 „ „
7½ „	0,014	14 230 000	224,5 „ „
8½ „	0,008	24 490 000	386,3 „ „
9½ „	0,006	37 200 000	586,7 „ „
Herschel's entfernteste Sterne	0,00092	224 500 000	3541,0 „ „

Die entferntesten Sterne, welche Herschel's zwanzigfüssiges Teleskop noch einzeln zeigte, würden hiernach in einer Distanz von 4500 Billionen Meilen stehen. Ueber diese Entfernung hinaus sind isolirte Sterne im Allgemeinen nicht mehr sichtbar, wohl aber grössere Complexe derselben, als Sternhaufen oder Nebelflecke. Herschel der Aeltere hat über die Art und Weise, wie sich diese Gebilde in mächtigen Teleskopen darstellen und über die Entfernung, in welche man sie, je nach ihrer Sichtbarkeit, zu versetzen gezwungen ist, eine Reihe von Untersuchungen angestellt, die für eine richtige Vorstellung von dem Baue des Himmels grosse Wichtigkeit erlangen. Herschel ging dabei von dem Princip aus, dass im Durchschnitte die Helligkeit aller Fixsterne die gleiche sei und nur ihre Entfernung den Unterschied der Grösse oder Helligkeit bedinge. Durch photometrische Versuche, die freilich für die Gegenwart noch manches zu wünschen übrig lassen, fand Herschel hiernach (Abhandl. von 1817), dass das blosse Auge, indem es noch isolirte Sterne 6. Grösse wahrzunehmen vermag, bis zur 12fachen Distanz der Sterne 1. Grösse in den Raum eindringt. Wenn man die genaueren photometrischen Bestimmungen der Gegenwart zu Grunde legt, so würde sich die normale Sehkraft sogar auf

Digitized by Google

13,5 Sternweiten erstrecken. Bereits im Jahre 1799 hatte Herschel eine „Untersuchung über die raumdurchdringende Kraft der Teleskope" veröffentlicht, in welcher er zeigte, dass diese hauptsächlich sich wie der Durchmesser der freien Oeffnung des Teleskops zum Durchmesser der Pupille verhält. Auf diesem Wege gelangt er zu dem Resultate, dass die raumdurchdringende Kraft seines 7füssigen Reflectors 20,25, jene des 20füssigen (a front view) 75,08, jene des 25füssigen 95,85 und die des 40füssigen Spiegelteleskopes 191,69 Mal grösser sei als diejenige des blossen Auges. Durch Beschränkung der Oeffnung (Spiegel) des Teleskops konnte Herschel je nach Bedürfniss verschieden tief in den Raum dringen und hierdurch die Entfernung der nach und nach sichtbar werdenden Gegenstände bestimmen. „Um die Entfernung von Sternhaufen zu bestimmen," sagt Herschel, „ist es nothwendig, die aichende (absichtlich beschränkte) raumdurchdringende Kraft des Spiegels zu bemerken, welche eben hinreicht, um einige Sterne im Teleskope zu erkennen. Wenn der Sternhaufen von kugeliger Gestalt ist, so würden die zu ihm gehörenden Sterne sich leicht von denen unterscheiden lassen, die um ihn herum oder über ihn her zerstreut sind. In Sternhaufen von anderer Bauart wird die Zusammendrängung oder die scheinbare Grösse der Sterne den Beobachter leiten. Weder die Helligkeit noch der Durchmesser der Sternhaufen dürfen bei Bestimmung seiner Entfernung berücksichtigt werden." (Abhandlung von 1818). Herschel hat eine Anzahl Beobachtungen von Sternhaufen behufs ihrer Distanzbestimmung angestellt; ich füge dieselben hier bei. Die einzelnen Sternhaufen sind durch die Classe und Nummer des Herschel'schen Catalogs bezeichnet, einige auch nach Messier's Catalog (Herschel a. a. O.).

Bezeichnung	Beschreibung	Distanz
VI. 7	Zarter Sternhaufen, vermischt mit Nebel, 8′ bis 10′ Durchmesser	734
VI. 9	Grosser Sternhaufen, 6′ bis 7′ Durchmesser, unregelmässig rund	734
VI. 10	Sehr grosser, gedrängter Haufen von sehr kleinen Sternen	734
VI. 11	$1\frac{1}{2}$′ bis 2′ Durchmesser	734
VI. 12	Grosser Sternhaufen	466
VI. 17	4′ bis 5′ Durchmesser, reich an kleinen, gedrängten Sternen	600
VI. 20	Hell, unregelmässig rund, 8′ bis 9′ Durchmesser .	734
VI. 26	Sehr lichtschwach, äusserst kleine Sterne; 4′ Durchmesser	900
VI. 36	1′ Durchmesser, lichtschwach, ausserordentlich kleine Sterne, nächster Schritt zu einem leicht auflösbaren Nebel	900

Digitized by Google

Bezeichnung	Beschreibung	Distanz
VI. 38	Hell, klein, leicht auflösbar, sehr reich an Sternen	900
IV. 63	Sehr hell, unregelmässig rund, 4′ Durchmesser .	900
Messier 1	Auflöslich, 4′ Durchmesser	980
„ 2	Kugeliger Sternhaufen, 5′ bis 6′ Durchmesser . .	243
„ 3	Kugeliger Sternhaufen, 5′ bis 6′ Durchmesser . .	243
„ 4	Sehr viele Sterne, ganz aufgelöst	344
„ 5	Kugeliger Sternhaufen, 7′ bis 8′ Durchmesser . .	243
„ 9	Sehr zusammengedrängter Sternhaufen	344
„ 10	Sehr zusammengedrängter Sternhaufen	243
„ 11	Unregelmässig, 9′ bis 12′ Durchmesser	144
„ 12	Glänzend, 7′ bis 8′ Durchmesser, nach der Mitte stehen die Sterne sehr gedrängt	186
„ 13	Glänzend, 8′ bis 9′ Durchmesser. Der gedrängteste Theil ist rund	243
„ 14	Sehr hell und leicht auflöslich, rund	900
„ 15	Kugelförmig, 6′ bis 7′ Durchmesser	243
„ 19	Sehr gedrängte Sterne, 4′ bis 5′ Durchmesser . .	344
„ 22	Die Sterne sind gegen die Mitte zu verdichtet, 8′ Durchmesser	344
„ 30	Im 10füssigen Teleskope bei 250facher Vergrösserung in sehr kleine Sterne aufgelöst	344
„ 33	Gegen die Mitte stehen die Sterne sehr dicht und sind ungemein klein. 18′ Durchmesser . . .	344
„ 34	Haufen von grob zerstreuten, grossen Sternen . .	144
„ 35	Ziemlich zusammengedrängte grosse Sterne . . .	144
„ 53	Kugelförmiger Haufen sehr zusammengedrängter Sterne	243
„ 55	Reicher Sternhaufen, 8′ lang	400
„ 56	$3\frac{1}{2}$′ bis 4′ Durchmesser	344
„ 57	Oval, $1\frac{1}{2}$′ bis 2′ Durchmesser	950
„ 62	Sehr hell, rund, gegen die Mitte verdichtet, 4′ bis 5′ Durchmesser	734
„ 67	Aeusserst schöner Haufen von Sternen	144
„ 68	Ein Haufen zusammengedrängter kleiner Sterne, 3′ lang, 4′ breit	344
„ 69	Sehr hell, ziemlich gross, leicht aufgelöst	734
„ 71	Unregelmässig, $2\frac{1}{2}$′ Durchmesser	243
„ 72	Im 40füssigen Teleskope als schöner Sternhaufen sichtbar	243
„ 74	In der Mitte sehr hell, fast 12′ Durchmesser . .	243

Digitized by Google

Bezeichnung	Beschreibung	Distanz
Messier 75	Etwa 2′ Durchmesser	734
„ 77	3′ bis 4′ lang, 3′ breit, einige helle Sterne im Mittelpunkte	910
„ 79	Ein kugelförmiger Haufen, dessen Sterne in der Mitte äusserst zusammengedrängt sind, 3′ Durchmesser	344
„ 80	Kleine, zusammengedrängte Haufen, heller gegen die Mitte, 3′ bis 4′ Durchmesser	734
„ 92	Glänzender Sternhaufen, 6′ bis 7′ Durchmesser .	243
„ 97	hell, kugelig, von durchaus gleichförmigem Lichte	980

Die vorstehend angegebenen Distanzen betrachtet Herschel als so genau, wie es das Princip der Methode und die Schärfe der Beobachtungen gestatten. Die meisten dieser Gebilde würden also in grösserer Entfernung stehen als die äussersten Sterne der Milchstrasse. Die Annahme, dass durchschnittlich alle Sterne gleiche absolute Leuchtkraft besitzen, hat sich zwar in den wenigen Fällen, in welchen genaue Parallaxenbestimmungen uns ein directes Urtheil hierüber gestatten, keineswegs bewahrheitet; indessen kann man sie immerhin gelten lassen, sobald ungeheure Mengen von Sternen in Betracht gezogen werden, genau so, wie auch die gleichmässige, dem Raume proportionale Ausstreuung der Fixsterne gestattet ist. Vergleicht man indess die von Herschel auf photometrischem Wege gefundene raumdurchdringende Kraft des normalen Auges, das noch Sterne 6. Grösse wahrnimmt, mit derjenigen Distanz, welche Struve, bloss von der Zahl der Sterne ausgehend, dafür berechnete, so findet sich ein beträchtlicher Unterschied. Die Sterne entschwinden früher, als es der Fall sein könnte, wenn sich das Licht bloss umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verminderte. Struve sieht hierin einen directen Beweis für eine Absorption des Sternlichtes in den himmlischen Räumen durch irgend ein feines Medium. Schon im Jahre 1744 hatten J. P. Loys de Cheseaux (Traité de la Comète de 1743) und 1823 Olbers (Bode's Jahrbuch für 1826) darauf aufmerksam gemacht, dass unter Annahme einer unendlichen Anzahl von Fixsternen in dem unendlichen Raume, das ganze Himmelsgewölbe in sonnegleichem Glanze leuchten müsse, wenn nicht das Licht neben seiner Abnahme im quadratischen Verhältnisse der Distanz, noch eine besondere Schwächung erlitte. Diese Argumentation, der man lange grosse Wichtigkeit beilegte, ist übrigens ohne sonderlichen Werth. Denn nichts beweist, dass der unendliche Raum auch von einer unendlich grossen Menge von Materie angefüllt sei oder gar sein müsse; es ist vielmehr überwiegend wahrscheinlich, dass die Menge der Materie im Raume begrenzt ist. Die

Digitized by Google

Absorption des Sternenlichtes folgt aber aus dem Vergleiche der Untersuchungen von Herschel und Struve, wie ihn der letztgenannte Astronom zuerst angestellt hat. Struve hat auch zuerst genauere Untersuchungen über die Grösse dieser Absorption geliefert. Mit Recht findet er die Herschel'sche Bezeichnung der Sehkraft des menschlichen Auges sehr unbestimmt, und substituirt daher dem letztern ein kleines, nur dreimal vergrösserndes, achromatisches Fernrohr von 0,211 Zoll Oeffnung. Mittels dieses Instruments erblickt man etwa 83 Procent mehr Sterne als in Argelander's Uranometrie enthalten sind. Die äusserste Entfernung der schwächsten dort aufgezeichneten Fixsterne findet Struve zu 8,8726 Sternweiten und damit also die äusserste Distanz der in dem genannten kleinen Fernrohre noch sichtbaren Fixsterne gleich

$$8{,}8726 \sqrt[3]{1{,}83} = 10{,}852$$

Sternweiten, oder nur etwa $^1/_{10}$ weniger als Herschel gefunden. Hiernach berechnet sich die raumdurchdringende Kraft des 20füssigen Teleskopes auf 663,94 Sternweiten. Es wurde aber oben, wo nur die Zahl der Sterne concurrirte, dieselbe Kraft oder Tragweite auf 227,782 Sternweiten berechnet. Sonach reicht also die wahre Tragweite des zwanzigfüssigen Teleskops kaum über $^1/_3$ derjenigen Distanz hinaus, bis wohin sie der Theorie nach reichen sollte. Dieser Unterschied zwischen Rechnung und Beobachtung ist es, welcher auf die Annahme eines lichtschwächenden, die Himmelsräume erfüllenden Mediums leitet. „Um das ganze Gewicht dieser Argumentation sicher zu beurtheilen," sagt Struve (études d'Astr. stell.), „wollen wir die Anzahl derjenigen Sterne berechnen, welche Herschel's zwanzigfüssiges Teleskop in der Mitte der Milchstrasse hätte zeigen müssen, wenn es in der That eine Distanz erreicht hätte, welche 74,83 Mal jene der äussersten Sterne 6. Grösse übertrifft." Diese Zahl ist

$$= 122 \times \left(\frac{74{,}83}{25{,}672}\right)^3 = 3021.$$

Thatsächlich zeigte aber das Teleskop nur den fünfundzwanzigsten Theil dieser Sternzahl und in der sternreichsten Gegend von allen bloss 588 Sterne im Gesichtsfelde. Gestützt auf die gegebenen Daten, berechnete Struve den numerischen Ausdruck für die Absorption des Lichtes und fand, dass letztere für die Distanz der Sterne 1. Grösse bereits $\frac{1}{107}$ ihrer Intensität beträgt.

„Künftig," sagt der Director der Nicolai-Sternwarte in Pulkowa, „wird der scheinbare Glanz ξ eines Sternes ausgedrückt werden müssen als Function seiner Distanz x und der Absorption. Ohne letztere zu beachten, findet sich der Glanz proportional $\frac{1}{x^2}$, wird hingegen die Extinction berücksichtigt, so ergibt sich

Digitized by Google

$$\xi = \frac{0{,}990651^{x-1}}{x^2}.$$

Die Extinction des Lichtes erweist sich hiernach für die uns nächsten Sterne 1. Grösse ziemlich unbedeutend, sie wächst aber bereits auf 8 Procent für die Distanz der Sterne 6. Grösse an, auf 30 Procent für jene der Sterne 9. Grösse und auf 88 Procent für die Distanz der schwächsten von Herschel noch gesehenen Fixsterne. Dieser Umstand bewirkt natürlich, dass die raumdurchdringende Kraft der Teleskope wesentlich geringer ist, als sie der Theorie nach sein sollte. Die oben nach Herschel angegebene raumdurchdringende Kraft der verschiedenen Teleskope verringert sich hierdurch bedeutend, wie folgende Tafel zeigt.

Teleskope Herschel's	Raumdurchdringende Kraft in Sternweiten	
	nach Herschel	nach Struve, mit Rücksicht auf die Absorption des Lichtes
7 füssiges	243	123,2
20 „	743	227,8
20 „ (front view)	900	250,7
25 „	1150	279,6
40 „	2300	368,5

In demselben Maasse vermindern sich nun auch die von Herschel angegebenen Distanzen von Sternhaufen, die dadurch meist mehr genähert erscheinen, als die äussersten Sterne der Milchstrasse. Von 263 Sternhaufen liegen 225 in der Milchstrasse und die eben bezeichneten Distanzen beweisen noch ausserdem, dass sie zu diesem ungeheuren Sternringe gehören. Die übrigen Sternhaufen, welche weit entfernt von der Milchstrasse stehen, begleiten diese, wie bereits hervorgehoben, lateral. Unser Fixsternsystem ist ein ausgedehnter Sternhaufen, der so viel es scheint, an Grösse die meisten übrigen übertrifft. Von diesen aus gesehen erscheint er als zum System der Milchstrasse gehörig, genau so wie jene, von unserm Standpunkte aus betrachtet.

Herschel bemerkt gelegentlich, dass sein 40füssiges Teleskop noch den Sternhaufen 75 Messier, in Gestalt eines Nebels erkennen lasse, wenn derselbe 35 175 Sternweiten von uns entfernt stehen würde. Unter Berücksichtigung der Extinction schrumpft diese ungeheure Distanz auf 787 Sternweiten zusammen, entsprechend 15 500 Billionen Meilen. Diese Entfernung zu durchlaufen gebraucht der Lichtstrahl 12 200 Jahre. Wegen der in bedeutenden Distanzen schnell wachsenden Lichtabsorption kann

Digitized by Google

dieser letztgenannte Abstand für kein Gebilde der Himmelsräume, selbst von den grössten Teleskopen sehr beträchtlich überschritten werden. Hier stehen wir an der Grenze des menschlichen Forschens; hier ist das Ufer, von wo aus man vergebens die Nebel zu durchdringen sucht, welche über dem Oceane des Seins lagern. Wenn Humboldt die Nebelflecke die ältesten Zeugnisse vom Dasein der Materie nannte, so darf dieser Ausspruch gegenwärtig nicht mehr in dieser Gestalt angeführt werden. Das älteste Zeugniss vom Dasein der Materie ist vielmehr die harmonische Gesetzmässigkeit in dem Baue der siderischen Welt, sofern wir diese aus chaotischen Urmassen nach mechanischen Gesetzen entstanden denken müssen.

Digitized by Google

Die Resultate der spectralanalytischen Untersuchungen am Fixsternhimmel.

Lange Zeit hindurch war für den Astronomen die von Newton entdeckte und 1675 der Royal Society mitgetheilte Zerlegbarkeit des weissen Lichts in verschiedene Farbstrahlen, mehr störend als förderlich; war doch durch diese Eigenschaft des Lichtes zugleich auch bei Construction von Fernröhren jeder Apparat mit einem Mangel behaftet, der erst nach unendlichen Mühen durch die Construction von achromatischen Linsen gehoben werden konnte; nicht der Gelehrte allein, auch der Techniker musste dabei helfen durch Mischen der richtigen Glassorten, und die Aufgabe wurde gelöst; man benutzte von da an beim astronomischen Studium achromatische Apparate.

Aber Newton's grosse Entdeckung schlummerte fast 200 Jahre hindurch bis sie in kurzer Zeit zu riesiger Entfaltung kam. Auch hier wurde langsam der Weg gebahnt.

Wollaston, der 1802 das Licht durch einen Spalt auf das Prisma fallen liess, mehr noch Fraunhofer, der mit genaueren Apparaten und unter Anwendung des Fernrohrs, das Spectrum beobachtete, legten den Grund zu der Spectralanalyse, die jedoch erst durch die Untersuchungen von Kirchhoff und Bunsen 1860 trotz vorausgegangener kleiner Anfänge, ihre, für die Wissenschaften weltgeschichtliche, Bedeutung erlangte.

Nachdem man die wissenschaftliche Beobachtung des Sonnenspectrums begonnen, lag es nahe, auch die übrigen Himmelskörper einer solchen Betrachtung zu unterziehen. Bei der verhältnissmässigen Lichtschwäche, selbst der Sterne erster Grösse, kann natürlich nicht der Spalt des Spectroskops direct auf die Lichtquelle gerichtet und dabei ein scharfes Spectrum mit scharf sichtbaren und der Lage nach anderen vergleichbaren Linien erhalten werden.

Digitized by Google

Schon Fraunhofer hat in seiner ersten berühmten Abhandlung *), in welcher er die Entdeckung der nach ihm benannten Linien im Sonnenspectrum erwähnt, auch der Spectren anderer Himmelskörper gedacht. Er schon verbreiterte das Linienspectrum eines Sterns durch Anwendung einer Cylinderlinse zu einem Bande, in welchem die Linien erkennbar sind. „Dieselbe Vorrichtung habe ich dazu angewendet, zur Nachtzeit unmittelbar nach der Venus zu sehen, ohne das Licht durch eine kleine Oeffnung einfallen zu lassen, und ich fand auch im Farbenbilde von diesem Lichte die Linien, wie sie im Sonnenlichte gesehen werden." Nachdem der geistreiche Forscher noch entwickelt, dass und warum das Licht der Venus „von einerlei Natur mit dem Sonnenlichte sei", fährt er fort:

„Ich habe auch mit derselben Vorrichtung Versuche mit dem Lichte einiger Fixsterne erster Grösse gemacht. Da aber das Licht dieser Sterne noch vielmal schwächer ist, als das der Venus, so ist natürlich auch die Helligkeit des Farbenbildes vielmal geringer. Demohngeachtet habe ich ohne Täuschung im Farbenbilde vom Lichte des Sirius drei breite Streifen gesehen, die mit jenen vom Sonnenlichte keine Aehnlichkeit zu haben scheinen; einer dieser Streifen ist im Grünen, und zwei im Blauen. Auch im Farbenbilde vom Lichte anderer Fixsterne erster Grösse erkennt man Streifen; doch scheinen diese Sterne, in Beziehung auf die Streifen, unter sich verschieden zu sein. Da das Objectiv, das an dem Theodolithfernrohre ist, nur 13 Linien Oeffnung hat, so ist klar, dass diese Versuche noch mit vielmal grösserer Vollkommenheit gemacht werden können. Ich werde sie mit zweckmässigen Veränderungen und mit einem grössern Objective noch einige Male wiederholen, um vielleicht einem geübten Naturforscher zur Fortsetzung dieser Versuche Veranlassung zu geben; was um so mehr zu wünschen wäre, da sie zugleich zur genauesten Vergleichung der Brechbarkeit des Lichtes der Fixsterne mit der des Lichtes der Sonne dienen."

In einer spätern Abhandlung (1823 **) zeigen sich schon wesentliche Fortschritte, die Fraunhofer in der spectroskopischen Untersuchung der Fixsterne gemacht. „Im Spectrum vom Lichte des Sirius vermochte ich nicht in dem Orange und in der gelben Farbe fixe Linien wahrzunehmen. Im Grünen dagegen ist ein sehr starker Streifen zu erkennen, und zwei andere ungemein starke Streifen sind im Blauen, die keiner der Linien vom Planetenlichte ähnlich zu sein scheinen; wir haben ihren Ort mit dem Mikrometer bestimmt. Castor giebt ein Spectrum, welches dem des Sirius gleicht; der Streifen im Grünen hat, des schwachen Lichtes ungeachtet, Intensität genug, dass ich ihn messen konnte und ich fand ihn genau an demselben Orte wie beim Sirius. Die Streifen im Blauen konnte ich zwar erkennen, doch war das Licht nicht stark genug, um

*) Denkschriften d. k. Akad. d. Wissenschaft. München. V. 1814/15, S. 193.
**) Gilbert, Ann. Bd. 74, p. 378.

Digitized by Google

ihren Ort zu bestimmen. Im Spectrum von Pollux erkannte ich viele aber schwache fixe Linien, welche wie die der Venus aussehen. Ich sah die Linie *D* sehr gut; sie ist genau an dem Orte wie bei Planetenlicht. Capella gibt ein Spectrum, in welchem sich an den Orten *D* und *b* dieselben fixen Linien zeigen als in dem aus Sonnenlicht. Das Spectrum von Beteigeuze enthält zahlreiche fixe Linien, die bei guter Luft scharf begrenzt sind, und wenn es gleich beim ersten Anblick keine Aehnlichkeit mit dem Spectrum der Venus zu haben scheint, so finden sich doch genau an den Orten, wo bei Sonnenlicht *D* und *b* sind, auch in dem Spectrum dieses Fixsterns ähnliche Linien. Im Spectrum von Procyon erkennt man mit Mühe einige Linien und nicht so deutlich, dass man mit Sicherheit ihren Ort bestimmen könnte. Ich glaube im Orange an dem Ort *D* eine Linie gesehen zu haben."

Alle diese Beobachtungen Fraunhofer's haben sich später vollständig bestätigt, während die von Donati*), nach ihm der erste, der auch die Fixsterne spectroskopisch untersuchte, sich als unvollständig und unzuverlässig erwiesen.

Der zeitliche Zwischenraum zwischen beiden Forschern zeigt aber am deutlichsten, wie lange die von Fraunhofer gegebene Anregung schlummerte, wie sie nahezu vergessen war. Mancher war im Begriffe, den abgerissenen Faden wieder aufzunehmen und weiter zu spinnen, aber die richtige Folge: Thatsache auf Thatsache zu setzen und daraus einen Lehrsatz um den andern abzuleiten, unterblieb.

Als Kirchhoff und Bunsen ihre spectralanalytischen Arbeiten veröffentlichten, war die Bahn gebrochen und nur noch die Aufgabe geblieben, die als richtig erkannten Sätze anzuwenden auf die Beobachtung auch anderer als irdischer Lichtquellen und der Sonne, also wie Fraunhofer schon gethan, auf Beobachtung des Fixsternhimmels.

Freilich konnte Fraunhofer noch keine Ahnung davon haben, dass die von ihm erkannten, benannten und gemessenen Linien im Spectrum, dereinst Anwendung finden würden, um Schlüsse darauf zu bauen in Bezug auf den Chemismus der Körper, welche das Spectrallicht aussenden; für ihn, und mit wenigen Ausnahmen auch für seine Nachfolger bis auf die Heidelberger, konnten diese Spectrallinien nur physikalische Bedeutung haben, und in diesem Sinne ausgebeutet werden.

Aber riesig waren dann auch, nachdem die Anregung gegeben, in einem Jahrzehnt die Fortschritte, welche die Chemie der Fixsterne und verwandter Himmelskörper gemacht. Die Instrumente verfeinerten sich zu einer bewunderungswürdigen Schärfe, und doch wäre es Vermessenheit, sie nun gegenwärtig für unverbesserlich zu halten. Fraunhofer betrachtete die Spectren von Sternen erster und zweiter Grösse; jetzt können nicht nur solche von sechster bis achter Grösse analysirt werden,

*) Ann. del Mus. Fiorent. 1862.

Digitized by Google

auch die schwachen Nebelflecken, die hellern Kometenschweife und andere schwache Lichtquellen sind nicht mehr zu lichtschwach, um spectralanalytische Resultate zu liefern.

Es muss England nachgerühmt werden, dass durch einige seiner Forscher die Spectralanalyse der Fixsterne am meisten gefördert wurde; nach ihnen hat sich Pater Secchi in Rom besonderes Verdienst um diese Wissenschaft erworben. Von Frankreich ist wenig, von Deutschland noch weniger für den Ausbau dieses „Seitenflügels" des spectralanalytischen Gebäudes geschehen, zu welchem von deutscher Gelehrsamkeit der Grundstein gelegt worden.

In der That sind selbst die materiellen Schwierigkeiten, welche sich einer exacten spectroskopischen Fixsternbeobachtung entgegenstellen, nicht leicht zu überwinden. Es muss das Sternenlicht mit einem grossen Reflector oder Refractor gesammelt werden; dies erfordert aber wieder complicirte Maschinen, welche das Rohr in der Art bewegen, dass es auch den ständigen Bewegungen des Sternes folgen kann. Durch unser Linsensystem erhalten wir dann einen Lichtpunkt als Bild des Sterns und dieses wird sich um so mehr einem mathematischen Punkt nähern, je sorgfältiger und genauer das Teleskop gearbeitet ist. Fällt aber das Licht dieses Punktes durch ein Prisma, so wird es zwar zu einem Spectrum zerlegt, aber es ist eine Linie und querliegende Absorptionslinien sind nicht wahrnehmbar. Es muss also zuerst der Punkt durch eine Cylinderlinse in eine Lichtlinie verwandelt werden. Diese wird dann durch ein Prisma oder ein System von Prismen in das Spectrum zerlegt und dessen einzelne Theile werden um so weiter auseinanderrücken und um so vollkommener von einander sich unterscheiden, je stärker die Brechung im Prismensysteme ist.

Der von Huggins und Miller bei ihren ausgedehnten und classischen Untersuchungen der Fixsternspectren benutzte Apparat, vereinigt in sich alles, was Mechanik und Optik zur Vervollkommnung desselben darbieten konnten. Nichts ist gespart und jede Verbesserung, die überhaupt nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft denkbar war, ist dabei angebracht worden. Der Refractor hat eine achtzöllige Oeffnung und 10 Fuss Brennweite. Im Focus befindet sich der Schlitz; vorher aber passirt der Strahl eine Cylinderlinse und dann hinter dem Schlitz einen achromatischen Collimator, bevor er durch eine Combination von zwei Prismensystemen zum Directsehen und drei einzelnen Flintglasprismen in ein Spectrum zerlegt wird. Die einzelnen Theile desselben werden dann mit einem kleinen Fernrohr betrachtet; es ist durch eine Mikrometerschraube drehbar und deren Umdrehungen geben zugleich den Maassstab für die Entfernungen der Spectrallinien. Dabei ist Vorsorge getroffen, diese mit solchen irdischer Stoffe, also zwei neben einander liegende Spectren vergleichen zu können.

Dagegen ist Secchi's Apparat möglichst einfach gehalten und doch so wirkungsvoll, dass er nicht nur die Spectren aller mit unbewaffnetem

Digitized by Google

Auge sichtbaren Sterne zeigt, sondern selbst die einiger teleskopischen Sterne. Die optische Combination besteht aus einem Amici'schen Prisma zum Directsehen verbunden mit einer Cylinderlinse. Diese Combination erlaubt das volle Licht des Sterns zu untersuchen, ohne dass es vermindert wird durch einen Schlitz und verschiedene Prismenflächen, durch welche das Licht passiren muss. Das Bild des Sterns findet sich bei diesem System im Focus als leuchtende Linie von weisser Farbe ohne Prisma, mit diesem aber als eine Reihe von leuchtenden Linien, welche nach ihrer Brechbarkeit geordnet sind. Die schwarzen Zwischenlinien oder Banden entsprechen dann der Discontinuität des Lichts. Die relative Lage der Linien kann mit einem Schraubenmikrometer gemessen werden und ihre absolute Lage wird erhalten durch Vergleichung mit gewissen Fundamentalsternen, deren Linien nach ihrer Lichtintensität fixirt sind, entsprechend den chemischen Substanzen bei einem gewöhnlichen Schlitzspectroskop. Die Vergleichung und Messung ist noch leichter gemacht durch eine angebrachte Verbesserung, wodurch das directe Bild des Sterns gleichzeitig mit dem Spectrum gesehen werden kann. Die Ueberlagerung dieses Bildes und einer Spectrallinie in einem Theil des teleskopischen Sehfeldes kann ganz sicher eingestellt werden und garantirt auch sichere Resultate. Noch verbessert wurde der Apparat durch eine Cylinderlinse als Ocular.

Es wurde schon bemerkt, dass nach Fraunhofer die Linien *D* und *b* in Capella und Beteigeuze vorkommen, in Pollux die *D*-Linie. Wir wissen jetzt, dass durch letztere Natrium in den Atmosphären der drei Sterne, durch *b* das Magnesium in denen der beiden ersteren angezeigt sind. Dass aber in einer kurzen, durch irdische atmosphärische Störungen und Hindernisse noch mehr verkürzten Zeit von zehn Jahren, nur eine verhältnissmässig geringe Anzahl von Fixsternen auf die chemischen Bestandtheile ihrer Atmosphären untersucht sein können und noch keiner so vollständig wie die Sonne, ist bei der verhältnissmässig viel geringern Lichtintensität der Fixsterne einleuchtend. Immerhin aber ist der thatsächliche Beweis, dass die einfachen Körper unserer Erde auf der Mehrzahl der Sterne sich wiederfinden, ein Beleg für das grosse Princip der Gleichheit der materiellen Theile in der ganzen Welt.

Wenn Angström und Thalén im Sonnenspectrum über 460 Eisenlinien, sowie wenigstens 30 Manganlinien direct nachgewiesen und verglichen haben, so darf man nicht erwarten, dass alle diese Linien auch in den Spectren derjenigen Fixsterne sich auffinden lassen, die einzelne derselben zeigen; die Linien sind zum Theil viel zu schwach, um bei der Lichtarmuth der meisten Spectren alle gesehen oder wenigstens so gesehen zu werden, dass ihre Lage gemessen und ihre Coincidenz bestimmt werden kann. Wir müssen uns meist mit den hellsten derselben begnügen und der Zukunft weitere Forschungen überlassen.

Aber schon jetzt sind die Resultate der chemischen Forschungen in der Fixsternwelt nicht unbeträchtlich und sind es namentlich die beiden

Digitized by Google

unermüdlichen englischen Forscher Huggins und Miller*), welche die Ersten waren, die nicht nur die Spectren einiger Fixsterne genau untersuchten und beschrieben, sondern auch dieselben in der Art chartographisch darstellten, wie Kirchhoff das Sonnenspectrum.

Ihre Resultate lassen sich in der Kürze folgendermaassen zusammenfassen:

Aldebaran (α Tauri) hat ein schwach rothes Licht; im Spectrum zeigen sich zahlreiche starke Linien, besonders im Orange, Grün und Blau. Etwa 70 derselben haben die Beobachter gemessen, andere Linien, besonders im Blau, die sichtbar waren, konnten jedoch der Lichtschwäche wegen nicht gemessen werden. Von 16 Elementen, deren Lichtlinien man im Spectrum vermuthen konnte, wurden diese mit den dunkeln Absorptionslinien des Sternspectrums verglichen; von neun Elementen coincidirten die Linien und zwar

1. Natrium mit der Doppellinie D bei Aldebaran.
2. Magnesium mit den drei Linien bei b.
3. Wasserstoff ist mit den zwei Linien C und F des Sonnenspectrums auch stark im Aldebaranspectrum sichtbar.
4. Calcium mit vier Linien.
5. Von den sehr zahlreichen aber schwachen Eisenlinien wurden deutlich vier erkannt.
6. Wismuth mit 4 Linien (fehlt in der Sonnenatmosphäre).
7. Tellur mit vier Linien scheint ein besonders wichtiges Absorptionselement in der Atmosphäre des Aldebaran.
8. Antimon mit drei Linien.
9. Quecksilber correspondirt in seinen vier glänzendsten Spectrallinien mit vier Linien im Sternspectrum.

Dabei ist selbstverständlich nicht ausgeschlossen, dass nicht auch andere Spectrallinien der genannten Elemente mit Sternlinien zusammenfallen. Die Beobachter aber begnügten sich mit einer kleineren Zahl, weil die Untersuchungen wegen der Lichtschwäche die Augen sehr angreifen. Keine Linien im Aldebaranspectrum wurden gefunden, die mit denen von Stickstoff, Kobalt, Zinn, Blei, Cadmium, Lithium und Barium zusammenfallen.

α Orion (Beteigeuze) hat ein entschieden orangefarbenes Licht. Kein Stern, den bis dahin die englischen Forscher untersucht hatten, zeigte ein merkwürdigeres und complicirteres Spectrum. Besonders im Roth, Grün und Blau sind starke und zahlreiche Linien sichtbar, von welchen in den helleren Theilen des Spectrums etwa 80 gemessen wurden; zwischen denselben treten schattenartig Banden von feinen Linien auf, von welchen vier zwischen C und F stärker, zwei schwächer sind.

*) Phil. Mag. [4] 31, p. 419.

Digitized by Google

Auch hier wurden die Spectren von 16 Elementen verglichen mit dem Spectrum von α Orionis und es coincidirten:

1. Natrium mit zwei Linien, die aber hier schwächer als bei Aldebaran sind.
2. Magnesium mit den drei Linien *b*.
3. Calcium mit vier Linien.
4. Eisen mit vier Linien, eine bei *E* und drei glänzende andere, die brechbarer sind.
5. Wismuth mit vier Linien.

Die Linien von Wasserstoff, Stickstoff, Zinn, Blei, Gold, Cadmium. Silber, Quecksilber, Barium und Lithium wurden verglichen, aber keine coincidirend gefunden.

Bei β Pegasi ist das Licht schön gelb; das Spectrum kommt in der allgemeinen Anordnung der Liniengruppen, der Abstufung in der Stärke der Linien welche die Gruppen bilden, und in der Abwesenheit der Wasserstofflinien im Roth und Grün (*C* und *F* von Fraunhofer) mit dem Spectrum von α Orionis überein, doch ist dieses weit lichtstärker.

Nur 20 Linien des Sternspectrums wurden genauer beobachtet und gemessen, obgleich die Anzahl derselben sehr gross ist. Aber der ungünstige Zustand der Atmosphäre und die Schwierigkeit, die Linien mit Genauigkeit zu sehen, verhinderte bei den meisten, ihre Stelle genau zu fixiren. Von neun Elementen wurden die Spectren damit verglichen, aber nur sicher wie bei Aldebaran coincidirend gefunden:

1. Natrium mit zwei Linien.
2. Magnesium mit drei, vielleicht auch Barium.

Bei Eisen, Barium und Mangan verhinderte der Zustand der Atmosphäre genaue Vergleiche. Nicht coincidirten die Linien von Zinn, Quecksilber, Stickstoff und Wasserstoff.

Der Mangel von Wasserstoff bei den beiden letztgenannten Sternen muss um so mehr auffallen, als dieses Element auf einer grossen Anzahl von Fixsternen eine sehr wesentliche und wichtige Rolle spielt. Wir finden den Wasserstoff nicht nur als absorbirenden Bestandtheil vieler Sternatmosphären, besonders bei denen, welche weisses Licht ausstrahlen, sondern auch mehrfach als selbstleuchtendes Medium, also in glühendem Zustande. Nur bei einer kleinen Anzahl von Sternen konnte Wasserstoff gar nicht nachgewiesen werden, und schliessen sich in dieser Beziehung den beiden genannten Sternen besonders die Veränderlichen an.

Aber die Anzahl der Absorptionslinien in den Spectren dieser Sterne sind ausserordentlich viel grösser, als die Anzahl derjenigen, welche mit denjenigen irdischer Stoffe zusammenfallend erkannt wurden. Woher die übrigen Linien stammen, kann nicht zweifelhaft sein, wenn man bedenkt, dass bei weitem der kleinste Theil der Linien irdischer Elemente verglichen werden konnten, auch ist anzunehmen, dass einige dieser Sternlinien von

Digitized by Google

der Erde fremden Elementen herrühren und dass zahlreiche Verbindungen derselben den Sternspectren einen besondern Charakter aufprägen.

Wenn aber in diesen und anderen Sternspectren unzweifelhaft Metalllinien gefunden werden, so sind wir auch genöthigt, eine ausserordentlich hohe Temperatur auf diesen Himmelskörpern anzunehmen, indem andernfalls deren Atmosphären keine Metalldämpfe enthalten könnten. Damit muss aber auch wieder die Hypothese fallen, wonach die orange und rothe Farbe von Aldebaran und α Orionis von einem geringern Glühzustand der Photosphäre dieser Sterne, verglichen mit anderen, welche weisses Licht haben, herrühre.

Sirius mit seinem glänzend weissen Lichte ist schwieriger zu untersuchen wegen seiner ungünstig niedern Stellung, wodurch die erdatmosphärischen Störungen sehr bedeutend werden. Doch zeigte das Spectrum die Anwesenheit von Wasserstoff, Natrium, Magnesium und wahrscheinlich auch Eisen.

Auch bei α Lyrae mit demselben weissen Lichte wie Sirius, treten im Spectrum die zwei Wasserstofflinien C und F deutlich auf, ausserdem auch wieder Natrium und Magnesium.

Ausser den genannten Sternen wurden von den beiden englischen Forschern eine grosse Anzahl von anderen Sternen spectroskopisch untersucht; unter diesen sind die wichtigsten: Capella, Wega, Arctur, Pollux, Castor, α Schwan, Procyon, α, β, γ Andromeda, Rigel, Spica, α Adler, Cor Caroli, Regulus u. s. w. Das allgemeine Ergebniss dieser Beobachtungen war, dass die Sterne nach demselben Grundprincip gebildet sind, wie unsere Sonne, dass aber jeder in der Zusammensetzung vom andern abweicht. Doch ist jeder Stern aus Materie gebildet, welche wenigstens theilweise mit der unserer Erde übereinstimmt.

Die berührte Verschiedenheit der Farbe bei den Sternen, ist schon in den frühesten Zeiten beobachtet worden, und in den Ländern mit klarerer und reinerer Atmosphäre fällt der Unterschied in der Farbe des Sternenlichts noch mehr auf. Sestini und Andere wollten diese Verschiedenheiten erklären durch Verschiedenheit der Wellenlängen bei den von Sternen ausgesandten Strahlen, aber das ist keine Erklärung der Erscheinung, diese wird nur umgesetzt in physikalische Begriffe. Es ist klar, dass nur die Spectralanalyse hier einen sichern Anhaltspunkt gewähren kann.

Schon Brewster bemerkte auf seine Untersuchungen der Spectren hin, dass kein Zweifel darüber sein könne, dass dem Spectrum jedes gefärbten Sternes gewisse Strahlen fehlen, welche im Sonnenspectrum vorhanden sind. „Doch haben wir keinen Grund zu glauben, dass diese fehlenden Strahlen von irgend einer Atmosphäre absorbirt werden, durch welche sie gehen.“ Als Beispiel führt er den orangefarbenen Stern des Binarsystems ζ Herkulis an, in dessen Spectrum mehrere Banden fehlen. Er beobachtete mit Hülfe eines grossen achromatischen Refractors, an welchem er ein Steinsalzprisma von grösstmöglichem Brechungswinkel

Digitized by Google

anbrachte. „Es zeigte sich ein dunkles Band im Roth, und zwei oder mehr im Blau. Daher war die Farbe orange, weil mehr von den blauen als von den rothen Strahlen fehlte."

Die raschen Erfolge der Spectralanalyse haben es aber als unzweifelhaft erwiesen, dass die meisten der Fixsterne wie die Sonne aus fester oder flüssiger Substanz bestehen, die sich im höchsten Zustande des Glühens befindet. Solche Massen erzeugen aber ein continuirliches Spectrum, senden also Lichtstrahlen von jeder Art Brechbarkeit aus, ohne dass ein Zwischenglied fehlt. Auf die chemische Natur der glühenden festen oder flüssigen Masse kommt es dabei nicht an, und so ist anzunehmen, dass die Sterne wie die Sonne ursprünglich dasselbe weisse Licht aussenden.

Die Verschiedenheit des Lichts ist also in den lichtabsorbirenden Atmosphären der Himmelskörper zu suchen, welche von den Strahlen passirt werden müssen, ehe sie zur Erde gelangen. Die chemische Constitution der Atmosphäre jedes Sternes, ist abhängig von dessen eigener Constitution; jeder aber, das haben bis jetzt die Beobachtungen gezeigt, unterscheidet sich in seinen chemischen Bestandtheilen von der Sonne und von anderen Sternen. Bei jedem also wird auch durch seine Atmosphäre eine gewisse Anzahl von Lichtstrahlen, die ursprünglich ausgesendet wurden, absorbirt werden und zwar gerade diejenigen, welche ausgestrahlt würden, wenn diese Atmosphäre glühend wäre. Durch die Absorption entstehen dunkle Linien im Spectrum, und je mehr diese in einem Theile desselben vorherrschen, um so mehr wird die betreffende Farbe zurücktreten, während die Farben von anderer Brechbarkeit vorherrschen.

Einige Beispiele werden das Gesagte erläutern. α Orionis hat eine Orangefarbe. In seinem Spectrum sind die grünen und blauen Theile verhältnissmässig dunkel durch die zahlreichen und dichten Gruppen dunkler Linien, welche durch die Absorption bestimmter, aber zahlreicher Lichtstrahlen hervorgebracht werden. Die Strahlen von der Brechbarkeit des Orange sind weniger zahlreich absorbirt worden, hier also ist auch das Spectrum weniger mit Linien und Banden durchfurcht und dadurch ist auch die Farbe des Sternenlichts bedingt. Ganz ähnlich, nur schwächer, ist das Licht und Spectrum von β Pegasi. Beiden fehlt der Wasserstoff.

Aldebaran hat eine rothe Farbe. In seinem Spectrum zeigen sich mit Ausnahme der Wasserstofflinie C nur wenige andere Absorptionslinien im Roth, während im Orange zahlreiche dunkle Linien auftreten; im Grün und Blau sind sie weniger häufig.

Sirius dagegen hat ein glänzend weisses Licht. In der That zeigt, wie schon bemerkt, sein Spectrum eine nur von fünf starken Linien unterbrochene Helligkeit, während die zahlreichen übrigen vorher bei anderen Sternen erwähnten Linien und Banden, fehlen. Denn wenn auch ausser den fünf starken noch zahlreiche andere Linien das Spectrum des Sirius kreuzen, so sind diese doch so fein und schwach, dass sie nicht mit denen in den Spectren von α Orionis, Aldebaran u. s. w. verglichen werden können. Offenbar ist bei diesen die Atmosphäre dichter und höher, so

Digitized by Google

dass die Strahlen, die durchpassiren, eine stärkere Absorption erleiden, als dies bei Sirius der Fall ist, dessen Atmosphäre, nach wenigstens drei der stärkeren Absorptionslinien zu schliessen, hauptsächlich aus Wasserstoff besteht. Auch kann dessen starke Lichtentwickelung zu der Annahme führen, dass seine Dampfatmosphäre selbst hochglühend ist, und dass dann auch ein Theil des durch Absorption verlorenen Lichts wieder ersetzt werde durch die atmosphärische Ausstrahlung.

Arago*) bemerkt, dass unter den 60- bis 80 000 isolirten Sternen, deren Stellung in den Catalogen der Astronomen eingetragen sei, keine mit einer andern Bemerkung in Bezug auf die Farbe notirt seien, als mit Weiss, Roth und Gelb. In der That sind entschieden grüne, blaue und violette Sterne so klein und stehen anderen glänzenderen Sternen so nahe, dass nur mit grosser Schwierigkeit getrennte Spectren beider Sterne zu erhalten sind, die mit einander verglichen werden können. Dabei ist es nothwendig, die Bewegungen des Teleskops so einzurichten, dass die Spectren der beiden Doppelsterne rechtwinklig zu der Linie stehen, welche sie verbindet, indem andernfalls die beiden Spectren nicht parallel neben einander liegen, sondern sich theilweise überlagern und so die deutlichen Unterschiede verschwinden.

Auch hier haben Huggins und Miller**) die werthvollsten Untersuchungen angestellt.

Der orangegelbe hellere Stern im Doppelstern ζ Herkulis zeigt im gelben und orangen Theil des Spectrums die grösste Helligkeit, während in anderen Theilen, besonders im Blau und Violett, starke Absorptionslinien und Banden auftreten; auch im Roth zeigen sich drei oder vier starke rothe Linien, so dass als Hauptfarbe des Sterns orangegelb übrig bleibt.

Der Doppelstern β Cygni besteht aus einem gelbrothen Sterne A und einem blauen Sterne B. Ihre Spectren waren aber sehr schwach, besonders von B, so dass die Linien darin kaum gesehen und nur zum kleinsten Theil gemessen werden konnten. Immerhin waren die Verschiedenheiten auffallend und deutlich genug. Im Spectrum von A zeigen sich einige starke Absorptionslinien ziemlich gleichmässig über das Spectrum vertheilt; unter ihnen konnte eine als mit D (Natrium), die andere mit b (Magnesium) des Sonnenspectrums coincidirend gemessen werden. Die geringste Anzahl stärkerer Linien findet sich im Gelb und Orange, zahlreichere dagegen im Blau und Violett, sowie einige im Roth, es muss also die Farbe dieses Sternlichtes orange sein. Das von B erscheint dagegen blau, oder unter gewissen Verhältnissen unserer irdischen Atmosphäre grünlichblau, grün und selbst grünlichweiss. Diese Verschiedenheiten beruhen wohl auf der verschieden starken Absorption der stärker brechbaren Strahlen in unserer Atmosphäre, wodurch die weniger absorbirten Theile mehr und mehr vorherrschen und überwiegen.

*) Sämmtl. Werke deutsche Ausgabe 11. Bd. S. 398.
**) Phil. Mag. [4] Vol. 31, p. 517.

Digitized by Google

Huggins und Miller betrachteten das Spectrum von *B*, als dieser Stern blau erschien. Auffallend dabei war die ausserordentliche Schwäche des orangen und gelben Theils verglichen mit dem übrigen Spectrum. Die verminderte Helligkeit im Gelb wird hervorgebracht durch einige Gruppen sehr dicht gelagerter Absorptionslinien, während in dem stärker brechbaren Theil des Spectrums nur wenige starke Linien in grosser Entfernung von einander gesehen wurden.

In derselben Art haben die beiden englischen Forscher die Componenten von α Herculis untersucht. Das Spectrum von *A* ist bemerkenswerth durch die grosse Stärke der Liniengruppen im Grün, Blau und Violett, während schwächere Banden im Gelb und Orange, sowie zwei starke im Roth sichtbar sind. Die Lage dieser Absorptionsbanden stimmt also mit der Orangefarbe, die im Licht dieses Sterns entschieden vorherrscht. *B* dagegen hat ein bläulichgrünes Licht; die brechbareren Theile seines Spectrums sind sehr hell, weil stärkere Absorptionsbanden fehlen; gelb und orange sind dagegen durch verschiedene Liniengruppen ausgezeichnet.

Auch die beiden farbigen Sterne ν Bootis geben verschiedene Spectren, was zugleich beweist, dass diese Farbenverschiedenheit nicht durch einen subjectiven Contrast hervorgebracht wird.

Stoney*) erklärt das verschiedene spectroskopische Verhalten der Sterne als Folge der Verschiedenheit ihrer Gravitation. Ist auf einem Sterne die Gravitation geringer als auf der Sonne, sei es weil seine Masse geringer ist, oder weil er durch Hitze so ausgedehnt ist, dass die äusseren Theile vom Centrum weiter entfernt sind, so wird seine Atmosphäre auch Bestandtheile enthalten, die nicht mehr in der Sonnenatmosphäre vorhanden sein können. So findet sich Quecksilber, Antimon, Tellur und Wismuth auf Aldebaran, während ihre Dampfdichte zu gross ist, als dass sich diese Körper in der Sonnenatmosphäre vorfinden könnten. Die Sterne dagegen, welche grösser sind als die Sonne oder in ihren inneren Theilen weniger heiss sind, schlagen aus der Atmosphäre die Gase mit grösserer Kraft nieder und bilden dann die Classe der weissen Sterne, von welchen Sirius und Wega Beispiele sind. Die Substanzen, welche bei dem Sonnenspectrum zahlreiche dunkle Linien erzeugen, rufen bei diesen Sternen nur schwache Linien hervor. Der Wasserstoff aber, bei einem ausserordentlich geringen Moleculargewichte, kann auf keinem Sterne verdichtet werden und muss immer in der Atmosphäre desselben enthalten sein; seine Gegenwart wird also immer an den entsprechenden Absorptionslinien zu erkennen sein, oder an Lichtlinien an derselben Stelle, wenn der Wasserstoff glühend ist.

Es wurde schon darauf hingewiesen, dass wenige Sterne, von welchen α Orionis und β Pegasi als Repräsentanten gelten können, in ihrem Spectrum sicher keine Wasserstofflinien zeigen; es muss also auch ange-

*) Proceed. R. Soc. London Vol. 16, p. 31.

Digitized by Google

nommen werden, dass dieses Element in der Atmosphäre dieser Sterne vollkommen fehlt. Dann kann aber auch ihre Photosphäre selbst keinen Wasserstoff enthalten.

Besonders im Beginne spectralanalytischer Untersuchungen der Himmelskörper, war es ein gewöhnlicher Einwurf der nicht seltenen Gegner der neuen Untersuchungsmethode, dass die Spectren der Sterne nicht nur durch die absorbirende Wirkung der Erdatmosphäre modificirt, sondern alle besonderen Erscheinungen derselben nur durch diesen Einfluss hervorgerufen würden. Sie bedachten nicht, dass dann alle Himmelskörper unter denselben Umständen dasselbe Spectrum zeigen müssten, weil ihr Licht dieselbe Erdatmosphäre durcheilt.

Immerhin war gleich anfangs eine besondere Wichtigkeit der Untersuchung beizulegen, ob die Erdatmosphäre auch Absorptionsstreifen hervorbringen könne und welche.

Schon Brewster*) hatte 1833, also lange bevor die Spectroskopie durch Kirchhoff's und Bunsen's Arbeiten ihre eminente wissenschaftliche Wichtigkeit erlangte, im Sonnenspectrum tellurische Linien nachgewiesen, die besonders deutlich hervortreten, wenn die Sonne am Horizont steht, während sie fast oder ganz verschwinden beim Stande der Sonne im Zenith oder in der Nähe des Meridians. Er glaubte selbst alle Linien im Sonnenspectrum auf diese Weise erklären zu können, doch zeigten die Versuche, die er mit Gladstone unternahm **), dass kein genügendes Resultat dadurch zu erzielen war, die Linien im Sonnenspectrum durch, auf grosse Entfernung hin spectroskopisch analysirtes künstliches Licht zu erzeugen. Kirchhoff veröffentlichte bald darauf seine classischen Untersuchungen über das Spectrum der Sonne und die chemische Constitution der Photosphäre.

Die Untersuchungen über die tellurischen Linien beschäftigten darauf besonders Secchi und Janssen. Ersterer bestätigte Brewster's Beobachtungen und auch Letzterer liess seinen anfänglichen Widerspruch fallen, besonders, nachdem er durch Untersuchungen auf dem Faulhorn, und dann am Genfer See die absorbirende Wirkung des Wasserdampfes auf das Spectrum bestätigt gefunden hatte. Auch durch den directen Versuch mit Hülfe einer 37 Meter langen Röhre, die mit Wasserdampf gefüllt war, bestätigte Janssen die Uebereinstimmung von Wasserdampflinien mit solchen im Sonnenspectrum. Zuerst wies er durch verbesserte Instrumente nach, dass Brewster's Spectralbanden aus einer grossen Anzahl feiner Linien bestehen, die mit den eigentlichen Sonnenspectrallinien zu vergleichen sind. Sie fanden sich im Spectrum constant, aber ihre Stärke wechselt je nach der Stellung der Sonne, also auch nach der Dicke der Erdatmosphäre, welche von den Strahlen durchlaufen wird. Mit der Erhebung über die Thalsohle (auf dem Faulhorn) werden auch die tellurischen

*) Phil. Mag. [3.] VIII, 384.
**) Phil. Trans. 1860, p. 149.

Digitized by Google

Linien schwächer. Diese treten besonders in den schwächer brechbaren Theilen des Spectrums auf, wenigstens zeigt dieses im Roth bis Gelb ein System von tellurischen Linien, die wenigstens zehnmal so zahlreich sind, als die Sonnenlinien dieser Gegend, während diese im Grün, Blau und Violett vorherrschen. Es wirkt also die Atmosphäre der Erde mit niederer Temperatur besonders auf die Strahlen mit grosser Wellenlänge, die Sonnenatmosphäre mit hoher Temperatur dagegen mehr auf die mit kurzer Wellenlänge absorbirend.

Auch Cooke*) hat mit seinem grossen Apparat von 9 Flintglasprismen den Raum zwischen den beiden *D*-Linien, der bei einem gewöhnlichen Spectroskop kaum zu messen ist, so vergrössert, dass er mit Erfolg Beobachtungen bei verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen anstellen konnte. Er fand zwischen D_1 und D_2.

	1866 Jan. 5.	1865 Dec. 25.	1865 Dec. 26.	1865 Nov. 17.
Temperatur	— 12,22°	+ 7,77°	+ 12,77°	+ 21,11°
Thaupunkt	— 16,94°	+ 0,78°	+ 7,77°	+ 17,78°
Spectrallinien	1	2	6	16
Grains Wasser in 1 Cubf. Luft	0,81	2,42	3,76	6,57

Die Uebersicht zeigt, dass der Feuchtigkeitsgehalt mit der Lufttemperatur steigt und dabei auch die Anzahl der Spectrallinien wächst. Das Mehr derselben ist also auf Rechnung der Erdatmosphäre zu schreiben.

Secchi's Untersuchungen ergänzen ebenfalls die Beobachtungen Janssen's. Auch danach waren die tellurischen Linien deutlicher und zahlreicher bei feuchtem Winde, als bei trocknem. Angström**) benutzte 1864 die Winterkälte Upsalas (— 27° C.), bei sehr trockner Luft, um Janssen's Beobachtungen zu controliren. Nach diesem bringt der Wasserdampf zwischen *A* und *D* fünf dunkle Streifen hervor, darunter die Gruppe *A* und einen grossen Theil der Gruppe *B*. Auch nach der ausgezeichneten Karte von Kirchhoff zeigt die ganze Gegend zwischen *A* und *B* keine mit Metalllinien coincidirenden Sonnenlinien. Bei der erwähnten grossen Kälte waren die tellurischen Linien bei *D*, *C* und *a*, sowie diejenigen, welche zwischen *a* und *B* liegen, fast völlig verschwunden, während die Gruppe *A* und *B* und eine dritte zwischen *B* und *C* fast in der Mitte und die von Brewster mit C_1 bezeichnete sehr stark waren. Sie zeigen alle dasselbe Aussehen; jede besteht aus einer sehr starken und einer Reihe feiner Linien, die gleichweit von einander stehen. Angström vermuthete, dass sie von Kohlensäure herrühren; doch konnte Huggins im Spectrum von kohlensäurefreier Luft keinen

*) Phil. Mag. [4] Vol. 31, p. 337.
**) Compt. rend. T. 63, p. 647.

Digitized by Google

Unterschied sehen von demjenigen gewöhnlicher Luft. Wird dieser weitere Kohlensäure zugesetzt, so zeigen sich einige hervorragende Linien im Spectrum, sie gehören aber dem Kohlenstoff an und coincidiren mit dem Graphitspectrum. Nur die stärkste und charakteristischste der Linien im Roth sieht er als eine Kohlensäurelinie an.

Unter gewissen Umständen kann in der Zeit einer Beobachtung der Zustand der Atmosphäre sich so ändern, dass er von Einfluss auf die Resultate der spectroskopischen Beobachtung ist. Dies bemerkten Huggins und Miller*) bei B des schon erwähnten Doppelsterns β Cygni; wird das Ocular des Teleskops ausserhalb des Focus gerückt, so dass die blauen und rothen Strahlen in einem Brennpunkte inmitten des ausgebreiteten Sternbildes gesammelt werden, so erscheint diese Mitte purpurn und umgeben mit einem grünen Rande. Je nach der Feuchtigkeit der Atmosphäre, oder durch dünne Wolken gesehen, wird der Rand grüner, aber die Mitte erscheint weit stärker afficirt. Bald verschwindet die Farbe fast ganz, dann kehrt sie in Glanz und Helligkeit wieder.

Diese und zahlreiche andere Vorarbeiten waren erforderlich, um feststellen zu können, ob auch auf anderen Himmelskörpern Wasserdampf zu finden sei. So wies namentlich Secchi**) bei α Orionis Wasserdampf nach, da die Linie D viel breiter als bei Natrium erscheint und sie ohne Zweifel in derselben Art durch Absorption von Wasserdampf vergrössert wird, wie im Sonnenspectrum bei der Liniengruppe, welche D umgibt, wenn die Sonne nahe am Horizonte steht. Aehnliches zeigt sich in den Spectren des Antares, Aldebaran und Pollux. Ueberhaupt fand Janssen***), als er gelegentlich der grossen Sonnenfinsterniss am 18. August 1868 in Indien spectroskopische Untersuchungen anstellte, dass eine Classe von Sternen eine wässerige Atmosphäre besitzen. Sie gehören im Allgemeinen zu den rothen und gelben Sternen und oft fehlen bei ihnen die Wasserstofflinien. Sie zeigen den optisch absorbirenden Charakter des Wasserdampfs so intensiv, dass das Aussehen des Spectrums dadurch stark verändert wird. Um aber die Uebereinstimmung unzweifelhaft zu zeigen, müssen Versuche mit noch längeren Dampfsäulen angestellt werden, als Janssen †) früher gethan.

Schon 1863, als die Anzahl der untersuchten Sterne noch gering war, hatte Secchi dieselben nach der Verschiedenheit ihres ausgestrahlten Lichtes und so auch ihres Spectrums in zwei Classen getheilt, in die weissen und gefärbten; später, 1866, aber hat er erkannt, dass ein dritter Typus unterschieden werden müsse, und diesem schloss sich dann 1868 eine Gruppe sehr kleiner Sterne an, deren Spectrum als vierter Typus von den drei anderen Typen sich unterscheidet.

*) Phil. Mag. [4] Vol. 31. p. 518.
**) Compt. rend. T. 64, p. 346. T. 68, p. 358, 959.
***) Compt. rend. T. 68, p. 1546.
†) Ebd. T. 63, p. 196.

Digitized by Google

In den sehr zahlreichen Abhandlungen Secchi's in den Comptes rendus kommen nicht selten Verwechslungen der Bezeichnung besonders des zweiten und dritten Typus vor; doch sind Irrthümer dadurch vermieden, dass immer dabei ein Beispiel genannt ist. Folgende sind die wichtigeren Sterne, die Secchi untersucht und in die verschiedenen Typen vertheilt hat. Zu bemerken ist noch, dass einzelne wenige Sterne in verschiedenen Abhandlungen verschiedenen Typen zugetheilt worden; wir folgten durchweg den neuesten Angaben.

Erster Typus. Typus der weissen oder blauen Sterne*).

Adler α, ζ, δ.
Andromeda ν, μ, α.
Antinous Θ, λ.
Bär, grosser ε, γ, β, η, ζ, Alcor.
Bär, kleiner γ, ζ, η.
Bootes γ, υ^2.
Cassiopeia δ, β.
Cepheus α.
Delphin α, β, δ, ζ, ε.
Drache υ, ζ, α.
Fisch, südl. α (Fomalhaut).
Fuhrmann β, η, Θ.
Hercules ε, ϱ, γ, o, ν, δ.
Hund, grosser α.
Triangel η, γ, β, α.
Wage β.
Walfisch γ, λ, μ, χ.
Hund, kleiner α, β.
Jagdhunde α.
Jungfrau ζ.
Krone, nördl. α, γ, β.
Löwe α.
Leier α, ξ, ε, γ.
Pegasus τ, γ, α, Θ.
Perseus α, τ, ι^1, β.
Schlange μ, ε.
Schlangenträger α, υ, λ.
Schwan γ, δ.
Steinbock δ.
Stier Θ, δ^2, δ^3, ξ, ξ, β, ι, über - unter den Pleiaden.
Wassermann η, ζ, γ.
Widder γ, β.
Zwillinge α, γ.

Zweigtypus der Oriongegend.

Orion β, γ, δ, ε, ζ, η, $\varkappa$, Θ, λ, φ^1, φ^2.

---

*) Compt. rend. T. 63, p. 626.

Digitized by Google

Zweiter Typus. Typus der gelben Sterne mit feinen Linien oder sehr schwachen Banden (Sonnentypus).

Adler ε, μ, β.
Andromeda γ, δ.
Bär, grosser α.
Bär, kleiner α, β.
Bootes α, β, η, ε, ϱ, σ, δ.
Cassiopeia χ, η, ζ, ε, γ (Ausnahme).
Cepheus γ, β.
Delphin γ.
Drache ξ, β, γ, χ, τ, η, Θ, ι.
Eridanus γ, τ, δ, ε.
Fuhrmann α, ε, ζ.
Herkules π, ζ, β, ξ, μ, 80, η, ν.
Krone, nördl. δ.
Leier β, 5.
Pegasus μ, λ, π, η, υ.
Perseus γ, δ, ε.
Schlange β.
Schlangenträger ε, δ (Yed).
Schütze τ, π, o.
Schwan ζ, β, α, γ, λ, ε.
Scorpion δ, β.
Steinbock β, α^1, α^2.
Stier α, ζ, ν, δ', ε, o, β.
Triangel δ.
Walfisch β, η, ϑ, τ, ζ, δ.
Wassermann β, α.
Widder α.
Zwillinge β.

Dritter Typus. Typus der breiten Zonen.

Die Sterne sind nach Grössen und Wichtigkeit geordnet; die eingeklammerten sind schwach.

Orion α.
Scorpion α.
Herkules α.
Pegasus β, ε.
Perseus ϱ.
Walfisch α, (δ), o.
Leier δ', δ''.
Andromeda β.
Adler γ.
Eridanus δ.
Antinous ι, $\varkappa$.
Krone (ε).
Schlange α.
Schlangenträger χ.
Bootes 34, υ,

Digitized by Google

Vierter Typus. Sternspectren mit drei leuchtenden Banden *).

Nr. Katalog von Schjellerup*)	*A R.*	*D.*	Grösse.
41	$4^h\ 36{,}2^m$	$+\ 67^0\ 54'$	$6^1/_2$
43	4 42,8	+ 28 16	8
51	4 58,1	+ 6 59	6
78	6 26,9	+ 38 33	$6^1/_2$
89	7 11,5	— 11 43	$7^1/_2$
128	10 5,8	— 34 38	7
132	10 30,7	— 12 39	6
136	10 44,8	— 20 30	$6^1/_2$
152	12 38,5	+ 46 13	6
159	13 19,3	— 11 59	5,8
163	13 47,3	+ 41 2	7
229	19 26,5	+ 76 17	$6^1/_2$
238	20 8,6	— 21 45	6
249	21 25,8	+ 50 58	9
252	21 38,6	+ 37 13	$8^1/_2$
273	23 39,2	+ 2 42	6
Nr. Bonner Katalog **)			
4001	20 4 49,3^s	$+\ 35^0\ 45{,}1'$	
4003	20 6 27,3	+ 35 46,1	
3956	20 9 6,7	+ 36 13,3	
Nr. Lalande***)			
12561	4 45 10	$+\ 0^0\ 59'$	

*) Compt. rend. T. 67, p. 373. T. 68, p. 1086.

**) Wolf und Rayet. Compt. rend. T. 65, p. 292. T. 68, p. 1470. T. 69, p. 164.

***) Secchi, Compt. rend. T. 66, p. 124.

Digitized by Google

Erster Typus. Weisse und blaue Sterne mit Spectrum ohne intensive Absorptionsbanden *).

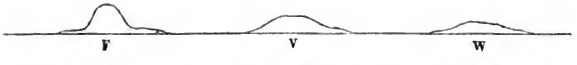
Von über 500 Sternen, die Secchi untersuchte, gehört die Hälfte diesem Typus an: Unter den sehr zahlreichen, meist sehr feinen dunkeln Linien des Spectrums treten vier sehr stark hervor. So zählte Secchi beim Sirius zwischen dem äussersten Roth und der ersten starken schwarzen Linie, 28 feine dunkle Furchen, ganz ähnliche Linien zeigt Rigel.

Von den vier charakteristischen dunklen Linien coincidirt die erste im Roth mit der Fraunhofer'schen Linie *C*. Besonders charakteristisch ist eine breite Linie bei *F* im Blau, deren Lage Secchi bei mehreren Sternen bestimmte, und bestätigt fand, dass die Brechbarkeit dieser Strahlen bei allen Sternen gleich ist. Beim Algol bleibt diese Linie selbst zur Zeit des Lichtminimums an derselben Stelle. Eine andere Linie ist im ersten Violett und von der vorigen etwas weniger entfernt, als die Linie *G* im Sonnenspectrum. Manchmal zeigt sich auch ein Streifen im äussersten Violett mit sehr feinen Linien, die jedoch nur bei den grösseren Sternen sichtbar sind. Intensive Streifen von Absorptionsbanden fehlen dagegen.

Die drei ersten Linien gehören sicher, die vierte sehr wahrscheinlich auch dem Wasserstoff an. Während sie bei gewöhnlicher Vergrösserung wie starke schwarze Linien, aber gefurcht und beträchtlich breit erscheinen, tritt die Bande 7 im Sirius nicht scharf auf und wird von zwei nebeligen Streifen garnirt, erscheint verwischt und von beträchtlicher Breite. Dasselbe zeigt sich bei anderen Sternen dieses Typus mit geringen Veränderungen, z. B. α Ophiuchi, den Sternen des grossen Bären, α Adler; bei α Pegasi ist diese Linie noch breiter und verwischter als bei Sirius und α Lyrae.

Secchi **), der die Lichtintensität der drei Wasserstofflinien des Siriusspectrums im Blau und Violett durch drei Curven (*F*, *V*, *W*), Fig. 1 darstellte, bemerkt dabei: „Man sieht, dass die mittlere Linie *V* sehr

Fig. 1.



Helligkeitscurven der drei Wasserstofflinien im Spectrum des Sirius.

breit und diffus ist, und dass sie eine wirkliche Bande bildet. Die Linie *F'* ist begrenzter, aber auch deutlich diffus. Die letzte Linie *W*, welche gewöhnlich im Wasserstoff nur schwer zu sehen ist (und auch auf den meisten Abbildungen des Wasserstoffspectrums fehlt), ist ein sehr breiter

*) Compt. rend. T. 63, p. 366. T. 64, p. 347, 775. T. 69, p. 1054.
**) Compt. rend. 1870, T. 71, p. 252.

Digitized by Google

und sehr schwacher Streifen. — — Der Streifen C ($H\alpha$) ist wegen des Lichtmangels im äussersten Roth schwer zu bestimmen."

Immerhin aber lässt sich auch diese Linie mit hinreichend scharfen Instrumenten in α Lyrae, α Pegasi, Algol und einigen anderen Sternen erster Grösse, welche diesem Typus angehören, nachweisen.

Aber gerade diese Verbreiterung der Wasserstofflinien und ihrer verwaschenen Ränder, gibt einen wichtigen Fingerzeig zur Erkennung des Zustandes, in welchem sich der Wasserstoff in den Atmosphären dieser Sterne befindet, und sind dafür namentlich die classischen Untersuchungen Wüllner's über das Wasserstoffspectrum bei höherm Drucke, namentlich zwischen zwei und drei Atmosphären, von Wichtigkeit; denn daraus erhellt, dass diese Reihenfolge der Verbreiterungen der Linien im directen Spectrum des Wasserstoffgases je nach der Stärke des Drucks dieselbe Eigenthümlichkeit zeigt. Auch Plücker und Hittorf haben gezeigt, dass bei höherer Temperatur die Wasserstofflinien breiter und an den Rändern verwaschener werden. Lippich in seiner Arbeit „über die Breite der Spectrallinien" *) kommt aber zu dem Resultate, dass, ganz abgesehen von der Messbarkeit der Streifenbreite, schon ihre blosse Vergleichung einige Aufschlüsse gewähren kann. „Zeigen sich in einem Gasspectrum naheliegende Streifen von differenter Breite, so würde dieses auf ein Gemisch von verschieden dichten Gasen oder auf verschiedene allotropische Zustände desselben Gases hinweisen. — Bei demselben Gase erlaubt die Breite des Streifens einen Schluss auf seine Temperatur. Besonders an Himmelskörpern, wo alle anderen Mittel fehlen, müsste eine solche Schätzung von Interesse sein. Es sind auch Verbreiterungen, namentlich an den Wasserstofflinien, an denen sie, der geringen Gasdichte wegen, am ersten auffallen mussten, beobachtet worden, und zwar von Lockyer bei $H\beta$, von Angström bei einer vierten Wasserstofflinie (h) im Spectrum der Protuberanzen, von Huggins eine sehr bedeutende Verbreiterung von $H\beta$ im Siriusspectrum u. s. f. Lockyer und Frankland schliessen zwar aus ihren Versuchen, dass solche Verbreiterungen nur dem höhern Drucke des Gases zuzuschreiben seien, es scheint mir jedoch nicht zweifelhaft, dass in diesen Versuchen das Gas bei höherm Drucke auch eine sehr bedeutend höhere Temperatur während des Glühens gehabt hat."

Aus dem angegebenen Verhalten dieser Sternspectren kann demnach mit Sicherheit der Schluss gezogen werden, dass nicht nur der Wasserstoff das Hauptelement der absorbirenden Atmosphäre der Sterne des ersten Typus ist, sondern auch, dass diese unter einem starken Drucke bis zu drei Atmosphären, steht und eine hohe Temperatur besitzt. Letztere ist auch aus dem weissen Lichte dieser Sterne erschlossen worden; zuverlässiger spricht dafür die Anwesenheit von Eisen- und Magnesiumlinien, wonach also diese Metalle dampfförmig in der Sternatmosphäre enthalten sein müssen. Die Natriumlinie dagegen ist nur schwach wahrnehmbar.

*) Pogg. Annal. 1870, Bd. 139, p. 465.

Digitized by Google

Als Modification dieses Typus sind die Sterne des Orion anzusehen, mit Ausnahme von Beteigeuze. Sie haben einen gemeinschaftlichen Typus, der sich dadurch charakterisirt, dass die breiten Banden im Spectrum fehlen und die im Violett sehr schwer zu sehen sind. Feine Streifen sind sichtbar, darunter einer mehr oder weniger deutlich bei *F*.

Merkwürdigerweise findet man in dem grossen Raume, der von diesem Sternbilde eingenommen wird, selten Sterne von einem andern Typus; sie bilden eine Familie für sich und sind durch Merkmale gekennzeichnet, die bei anderen Himmelskörpern sehr selten sind. Nur in einem Theile der Sternbilder des Hundes und des Hasen, zeigen sich dieselben Erscheinungen; hier herrscht bei den Sternen die grüne Farbe vor, wie auch bei den Nebelflecken. Doch kann diese Erscheinung nicht als Zufall angesehen werden, denn wir finden nicht selten, dass in derselben Region des Himmels Sterne desselben Typus angehäuft sind. So, um nur noch einige Beispiele anzuführen, sind der Stier, Löwe, grosse Bär, die Leyer und die Pleiaden u. a. fast nur von weissen Sternen des ersten Typus gebildet; dagegen herrschen im Walfisch, Eridanus, der Hydra u. s. w. die gelben Sterne des dritten Typus vor. Die ausgedehnte Region des Orion ist besonders merkwürdig, weil daselbst in der Umgegend grünliche Sterne des ersten Typus gefunden werden, die aber alle (mit Ausnahme von α Orionis des dritten Typus) sehr feine Linien im Spectrum und fast kein Roth zeigen. Dieses Verhalten, auf das zurückzukommen mehrfach Gelegenheit sein wird, gibt wohl noch Anhaltspunkte zum Studium der Gesetze, nach welchen die Materie im Himmelsraume vertheilt ist.

Zweiter Typus. Typus der gelben Sterne mit feinen Linien oder sehr schwachen Banden *).

Als allgemein bekanntes Beispiel für diesen Typus kann die Sonne angesehen werden, deren Spectrum von einer grossen Menge feiner Linien durchzogen ist. Die Spectren des Arctur, der Capella, des Pollux etc. zeigen dieselben Linien und an derselben Stelle vorwiegend im Roth und Blau wie die Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man das Spectrum des Mars mit dem eines Sterns dieses Typus vergleicht, wenn beide nahe bei einander stehen. Ausser kleinen Verschiedenheiten, besonders im Roth, die durch den absorbirenden Einfluss der Atmosphäre des Planeten hervorgebracht werden, findet man in den Spectren dieser Sterne die Hauptlinien *B*, *D*, *b*, *E*, *F*, *G* von Fraunhofer und ausserdem eine grosse Anzahl secundärer Linien. Für Sterne von geringerer Grösse ist es nicht möglich, das Spectrum in die feinen Linien zu zerlegen, aber man sieht doch,

*) Compt. rend. T. 63, p. 625. T. 64, p. 776.

Digitized by Google

dass die Hauptlinien so charakteristisch vertheilt sind, dass man sie nicht mit den Spectren anderer Typen verwechseln kann.

Wenn auch die Hauptlinien übereinstimmen, so sollte man doch erwarten dürfen, dass in den Details der Spectren eine grosse Mannigfaltigkeit sich bemerklich mache. Und doch ist dieses nicht der Fall. Die Hauptverschiedenheiten reduciren sich darauf, dass sich die feinen Linien in mehr oder weniger dichten Bündeln darbieten, aber sie nehmen dabei dieselben Plätze ein und unterscheiden sich doch wesentlich von denen in den Spectren des vorausgegangenen und folgenden Typus. Die Magnesiumlinien treten sehr ausgeprägt auf und zeigen nicht dieselbe Vereinigung mit benachbarten Linien, wie in dem folgenden Typus. Auch die Eisenlinien im Grün sind bei einigen Sternen sehr stark.

Ausserdem ist die Wasserstofflinie *F* deutlich zu erkennen, während sie in den Spectren des dritten Typus fehlt. Daher ist die Unterscheidung beider Typen leicht, selbst wenn die Linien in einer Art gruppirt sind, um eine Verwechslung möglich zu machen. In zweifelhaften Fällen geben genaue Messungen den Ausschlag. Aldebaran, der aus dem Sternbilde des Stiers fast allein hierher gehört, unterscheidet sich dadurch von dem allgemeinen Typus, dass die Linien etwas verbreitert sind; wenige andere Sterne verhalten sich ähnlich. Im Arcturspectrum findet sich eine ungeheure Menge von Linien, die alle sehr fein sind, wahrscheinlich aber zum Theil nicht mit Sonnenlinien zusammenfallen; bemerkenswerth ist auch, dass die breiten Absorptionsbanden im Arcturspectrum fehlen, die bei anderen gefärbten Sternen gefunden werden.

Eine weit auffallendere Ausnahme jedoch bildet γ Cassiopeiae, wo das Spectrum statt einer dunkeln Absorptionslinie bei *F* einen hellen Streifen zeigt. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man das Spectrum von β Cassiop., der zum gewöhnlichen, oder ersten Typus gehört, damit vergleicht. Aehnliches zeigt sich bei β Lyrae, doch ist die helle Linie sehr fein und schwer zu sehen. Diese wenigen Ausnahmen, auf die zurückzukommen Gelegenheit sein wird, verdienen eine besondere Aufmerksamkeit. Wenn die dunkle Linie *F* durch Absorption, ohne Zweifel durch Wasserstoff, hervorgebracht wird, so wird umgekehrt bei γ Cassiopeiae vom Wasserstoffe direct Licht ausgestrahlt. Es ist aber, wie schon früher bemerkt, das Absorptionsverhalten des Wasserstoffs bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenem Drucke auch verschieden; wenn nun festgestellt ist, dass der Wasserstoff bei niederer Temperatur ein ununterbrochenes Spectrum gibt, in welchem die Linie *F* glänzend auftritt, sowie dass er bei niederm Drucke das Spectrum nicht umkehrt, so gibt dies Anhaltspunkte für die Erklärung des Ausnahmeverhaltens beider Sterne. Ohne Zweifel zeigen diese noch andere als Wasserstofflinien, aber sie sind sehr schwach; vorherrschend sind die des Natrium und des Magnesium.

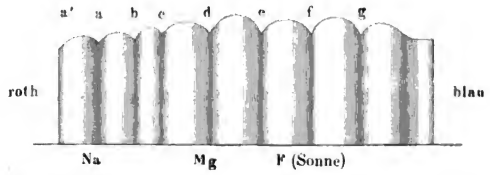
Digitized by Google

Dritter Typus. Typus der orangefarbenen oder röthlichen Sterne breiter Zonen *).

Hierher gehören die merkwürdigsten Himmelskörper, wenn auch diese Familie weniger zahlreich ist als die vorige.

Das charakteristischste Spectrum dieser Gruppe zeigt α Herculis (Fig. 2), ein Stern dritter Grösse. Es erscheint wie zusammengesetzt aus einer Reihe, von der Seite beleuchteter Säulen, deren wenigstens acht unterschieden werden können. Dieser überraschende und nicht

Fig. 2.



Spectrum und Helligkeitskurve von α Herculis nach Secchi.

genau zu beschreibende Anblick, wird hervorgebracht durch stark leuchtende Banden, welche mit dunkeln Banden abwechseln.

Bei den Spectren der verschiedenen Glieder dieses Typus, fallen die bemerkenswerthesten Lichtstreifen mit denen im Spectrum von α Herculis zusammen, wie genaue Messungen Secchi's ergeben haben. Der einzige Unterschied ist, dass bei den normalen Sternen (α Herculis, β Pegasi, o Ceti, ϱ Persei etc.) die Banden, welche die Säulen trennen, ganz schwarz und scharf sind, während sie bei den Spectren einiger anderer Sterne (α Orionis, α Scorpii u. s. w.) in dem weniger brechbaren Theile des Spectrums sehr schwach sind; an Stelle des Reliefs erscheinen Cannellirungen, was davon herrührt, dass der leuchtende Theil des Spectrums kleiner ist, als der dunkle.

Alle Säulen lassen sich in der Regel in schmalere und feinere Linien auflösen, die sehr scharf und glänzend sind. Doch ist bei den verschiedenen Sternen dieser Gruppe die Auflöslichkeit verschieden. Bei einigen derselben correspondiren die Abtheilungen der Säulen mit Hauptlinien Fraunhofer's (D, b), andere aber (c, F) coincidiren nicht, obgleich sie sehr nahe fallen.

Uebrigens ist auch bei den Sternen dieser Gruppe die Gegenwart von Wasserstoff nachgewiesen, denn bei den hauptsächlichsten derselben sind die Linien C und F ($H\alpha$ und $H\beta$) erkannt.

*) Compt. rend., T. 63, p. 623. T. 64, p. 776. T. 66, p. 124. T. 71, p. 252.

Digitized by Google

Nach dem ganzen Aussehen dieser Spectren kann nicht bezweifelt werden, dass sie eigentlich aus zweien bestehen, die über einander gelagert sind. Das eine *a* besteht aus den Metalllinien, welche dem zweiten Typus eigen sind und die nur dicker und verbreiteter werden durch eine mächtigere Schicht von Dämpfen, durch welche die Strahlen hindurchgegangen sind, fast wie in den Flecken unserer Sonne. Das andere (*b*) erscheint als ein Spectrum mit breiten Streifen, sechs bis sieben hauptsächlich, deren Typus der von α Herculis ist. Es ist in verschiedenen Sternen verschieden stark; so ist es kaum merklich bei Aldebaran, den Secchi deshalb auch dem zweiten Typus zutheilt, während es bei Antares, α Orionis, β Pegasi und anderen sehr stark ist.

Will man sich darüber vergewissern, dass die beobachtete Verbreiterung in den Linien des ersten Typus, von welchen früher die Rede war, nicht von einem Fehler in der Schärfe des Apparates herrührt, so gelingt dies durch die Prüfung der Sterne des zweiten und dritten Typus, denn die bekannten Metalllinien sind trotz der grossen Dispersion wohl begrenzt und scharf. Antares zeigt dies besonders deutlich im Grün an den Eisen- und Magnesiumlinien, während in seinem Spectrum die Natriumlinien *D* schlecht begrenzt und diffus sind, was, wie bei den sehr tiefen Flecken, ihre Trennung schwer macht. Obgleich der Stern ziemlich tief steht und die Atmosphäre in der Regel zu stark bewegt ist, um vollkommen genügende Resultate zu geben, so kann doch in dieser Hinsicht kein Zweifel existiren.

α Herculis wurde von Secchi mehrfach unter sehr günstigen Bedingungen der Erdatmosphäre untersucht und dabei keine Spur einer Auflösbarkeit der Hauptbänder gefunden, obgleich sie an der weniger gebrochenen Seite des Spectrums sehr scharf abgeschnitten waren. Trotz starker Vergrösserungen ist keine Spur secundärer Linien sichtbar, sondern nur eine Unregelmässigkeit in der Lichtstärke dieser Bänder. Dieses Resultat ist bemerkenswerth, denn das Dispersionsvermögen des mit dem Oculare verbundenen Prismas war gleich dem, welches drei Prismen in dem gewöhnlichen Spectroskope geben. Auch reicht diese Dispersion hin, um die secundären Linien in den streifigen Spectren des Stickstoffs und Kohlenstoffs zu zeigen. Man kann also diesen Mangel an Auflösung der Bänder von α Herculis nicht einer Unvollkommenheit des Instruments zuschreiben.

Allerdings ist es geglückt, an seltenen Abenden, mit schwachen Dispersionen, Spuren von Auflösbarkeit zu sehen; diese können auch eine Wirkung von Ungleichmässigkeiten in der Intensität gewesen sein, welche bewirken, dass die Streifen wenig lebhafter erscheinen als die Linien. Es tritt hier dasselbe auf wie bei den Streifen oder Zonen des Jupiter z. B., die bei schwacher Vergrösserung sehr klar und wohl begrenzt erscheinen, während bei Anwendung starker Mittel ihre Ränder diffus sind. Hier ist also die Wirklichkeit besser dargestellt durch starke Vergrösserungen.

Digitized by Google

denn diese Zonen können nicht scharfe Grenzen wie feste Körper haben, sie müssen diffus sein.

Der veränderliche Mira im Walfisch, der auch hierher gehört, wurde von Secchi im September 1866 zuerst untersucht, doch erlaubte seine Kleinheit keinen Schluss auf sein spectroskopisches Verhalten. Schon im März 1867 war der Stern bis zu vierter bis fünfter Grösse gewachsen und zeigte nun die Säulenreihe von α Herculis mit erstaunlicher Genauigkeit. Nur erschien wegen der Lichtschwäche das Spectrum kürzer und die äussersten Enden mehr einander genähert.

Ein Stern dieses Typus, dem Secchi eine besondere und wohl verdiente Aufmerksamkeit gewidmet *), ist Antares (α Scorpii). Dieser Stern zeichnet sich durch sein rothes Licht aus, kann aber nur schwierig in nördlicheren Breiten als Rom beobachtet werden. Wie zu erwarten ist sein Spectrum stark gestreift und in mancher Beziehung dem von α Orionis ähnlich, der ja auch demselben Typus angehört. Mit schwacher Vergrösserung und schwacher Dispersion scheint das Spectrum von breiten düsteren Zonen und leuchtenden Streifen gebildet, unter welchen sich besonders drei sehr breite und glänzende im Grün auszeichnen. Mit beträchtlicher Vergrösserung und mit Prismen, die eine hinreichende Dispersion erzeugen, werden die hellen Banden in glänzende Linien aufgelöst und die dunkeln Banden sind durchfurcht von sehr feinen hellen und dunkeln Linien. Im Allgemeinen erscheint der Grund des Spectrums nicht absolut schwarz, sondern vielmehr von hellen Linien auf schwach erleuchtetem Grunde gebildet. Die Linie F fehlt und scheint daher Wasserstoff nicht vorhanden zu sein; dagegen weist die deutliche Linie b auf Magnesiumdampf in der Atmosphäre des Sterns hin; die Natriumlinie D ist nicht scharf begrenzt, sondern auf der Seite gegen Roth doppelt so stark als gegen Grün. Diese Bande coincidirt genau mit derjenigen im Sonnenspectrum, welche durch die Erdatmosphäre hervorgebracht wird, besonders wenn man die Sonne beim Untergang spectroskopisch untersucht. Ebenso fällt sie zusammen mit der Bande, welche sich im Spectrum des Kerns der Sonnenflecken findet, hat auch nach Secchi's Messungen dieselbe Breite. Darauf folgt gegen Grün zu eine sehr lebhaft gelbe Bande und auf diese eine düstere und breite Bande, deren Lage mit dem nebeligen Theil des atmosphärischen Spectrums coincidirt, den Brewster mit δ bezeichnet. Es kann kaum einem Zweifel unterworfen sein, dass diese und andere Banden durch Wasserdampf erzeugt werden, der in der Atmosphäre des Antares und anderer Sterne dieses Typus absorbirend wirkt. Doch gilt dies nicht von allen. Die von Brewster mit C^6 bezeichnete Bande hat in den Sonnenflecken kein Analogon und rührt wahrscheinlich von einem Element her, das von dem Wasserdampf verschieden ist.

*) Compt. rend. T. 63, p. 364. T. 69, p. 165

Digitized by Google

Ein Rückblick auf die drei Sterntypen wird erleichtert durch eine Tabelle *), in welcher die Lage der Hauptlinien mit denen im Sonnenspectrum verglichen wird; eine Mikrometerdrehung (r) = 2,71^r.

Venus	Mars	α Lyrae I. Typus	α Bootis II. Typus	α Persei II. Typus	α Herculis III. Typus	β Pegasi III. Typus	α Orionis III. Typus	o Ceti III. Typus
A = 1,72^r	„	— „	„	„	„	„	1,98	„
B = 2,16	„	— „	2,13	„	„	„	„	„
C = 2,50	„	a' = „	„	„	2,48	2,57	2,64	„
(*Na*) D = 3,22	3,24	a = 3,12	3,38	„	3,25	3,22	3,22	3,18
δ = 3,51	„	b = 3,62	„	„	3,86	3,83	„	3,90
E = 4,83	„	c = „	4,77	4,86	4,24	4,19	4,15	4,31
(*Mg*) b = 5,09	5,14	d = „	5,09	„	5,11	5,11	5,11	5,11
X = 5,62	„	e = „	„	„	5,95	5,99	5,95	„
(*H*) F = 6,27	6,35	f = 6,28	6,21	6,30	6,81	6,85	6,78	6,77
G = 7,98	8,01	g = „	7,98	„	7,64	7,68	7,49	8,15
H = 9,40	9,64	— 9,15	9,65	8,29	„	„	8,43	„
W = „	„	— 11,03	„	„	„	„	„	„

Aus dieser Tabelle geht eine so genaue Uebereinstimmung hervor zwischen der Lage der Hauptlinien in den rothen Sternen, sowie den gelben und unserer Sonne als man sie nur erwarten kann; auch zeigt sie die Verschiedenheit der Lage der Linien bei den meisten Sternen des ersten Typus.

*) Secchi, Compt. rend. T. 64, p. 777.

Digitized by Google

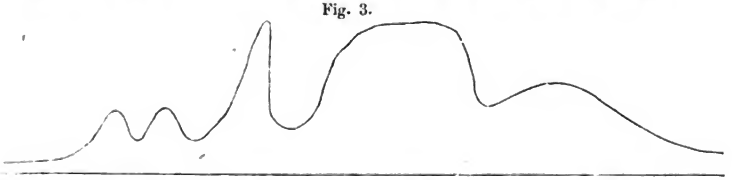
Vierter Typus. Sternspectren mit drei leuchtenden Banden.

Erst nachdem Secchi schon jahrelang den Himmel spectroskopisch untersucht und die Sterne classificirt hatte, wurde er auf eine kleine Anzahl von Sternen aufmerksam, deren keiner die sechste Grösse übersteigt und deren besonderes Verhalten ihm bis dahin wegen ihrer Kleinheit und Lichtschwäche entgangen war.

Den rothen Stern siebenter Grösse im Fuhrmann (Lalande 12561) zählte Secchi *) anfangs zu den Sternen des dritten Typus und nahm an, der Unterschied beruhe nur in einem Zusammenfliessen der zweiten und dritten Säule; zugleich sprach er die Erwartung aus, dass solche Ausnahmen noch in grösserer Zahl gefunden würden und dass nur ihre düstere Farbe und ihre Kleinheit es verhindern, ihren Charakter genauer zu bestimmen. Auch machte er auf die auffallende Erscheinung aufmerksam, dass so kleine rothe Sterne wie der genannte, ein messbares Spectrum geben, was bei den meisten Sternen derselben Grösse nicht der Fall ist. Es wird dies durch die schwache Dispersion bedingt, die ihr Licht erleidet, woraus dann getrennte glänzende Lichtlinien entstehen, fast wie bei den Nebelflecken; ein selbst schwaches Licht, wenn es sich nicht zerstreut, behält eine merkwürdige Stärke.

Das Spectrum von Lalande 12561 zeichnet sich dadurch aus, dass das Roth durch einen breiten dunkeln Streifen in zwei Banden getheilt

Fig. 3.



Lalande 12561.

ist; Hellgelb ist auf eine sehr helle und scharfe Linie reducirt, auf welche wieder eine dunkle Bande folgte, dann eine helle Bande im Gelbgrün und nach abermals einem dunklen Raume, eine blaue Zone (Lichtcurve, Fig. 3).

Der wesentliche Charakter des Spectrums wird also von drei hellen Banden hervorgebracht, deren grösste Lichtstärke gegen Violett zu liegt und welche durch dunkle Zwischenräume getrennt sind. Am lebhaftesten ist die grüne Bande; sie ist gleichmässig stark und ausgebreitet. Eine viel schwächere Bande ist im Blau, die selbst oft schwer sichtbar ist. Die dritte Bande im Gelb verbreitert sich gegen Roth und nur diese ist in mehre andere Streifen getheilt. Alle haben das Charakteristische, dass das Licht nach dem Violett zu sich vermehrt und dann plötzlich

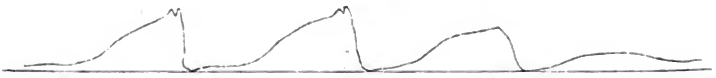
*) Compt. rend. T. 64, p. 776.

Digitized by Google

aufhört. Auf der rothen Seite dagegen zeigen die Lichtbanden eine allmälige Abstufung und Verminderung des Lichtes bis zum vollkommenen Schwarz. Hierin zeigt sich der Hauptunterschied vom dritten Typus, denn bei den Spectren desselben ist das Lichtmaximum auf der rothen Seite und die Säulen verlaufen gleichmässig in einem gleichen Raume. Daraus erhellt auch, dass die beiden Spectren durch ganz verschiedene Substanzen hervorgebracht werden.

Die Spectren der kleinen Sterne Schjellerup 41, 78, 132 und 273 bezeichnet Secchi als „schön"; von 128 ist das Spectrum „zweifelhaft", bei 152 aber „prachtvoll". Er hat auch diesem schönen und deutlichen Spectrum (Lichtcurve, Fig. 4) eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Danach coincidirt die schwarze Linie im Grün fast genau mit *b* im Arctur, weniger genau die Linie im Gelb mit *D*; sie ist stärker gebrochen, weicht also gegen Violett zu ab. Nach Untersuchungen von Angström u. A. lässt sich annehmen, dass die dunkeln Banden von einer Lichtabsorption durch Kohlenwasserstoff erzeugt werden, doch mit dem

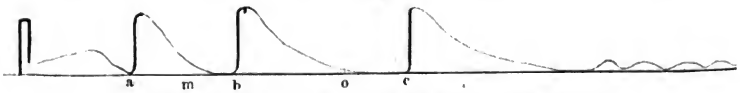
Fig. 4.



Schjellerup 152.

Unterschiede, dass die Banden dieses Gases cannelirt sind, während man dieses bei den betreffenden Sternen nicht sieht. Vom Benzindampfe fand Secchi ein Spectrum wie bei 152 Schjellerup (Lichtcurve, Fig. 5), dieses

Fig. 5.



Helligkeitscurve des Spectrums des Benzindampfs. Secchi.

zeigt zwischen einem sehr hellen rothen Streifen am Beginn des Spectrums und einer Reihe kleiner Linien im Violett, drei leuchtende Banden *a*, *b*, *c*, die wie halbcannelirt aussehen; besonders die mittlere Bande ist in zwei Linien trennbar. Bei stärkerer Spannung des Benzindampfes zeigen sich aber Verschiedenheiten im Spectrum von dem der Sterne des vierten Typus. Durch neue leuchtende Linien bei *m* und *o* verengern sich die Räume der leuchtenden Banden. Auch der Petroleumdampf zeigt ein ähnliches Spectrum.

Hier werden wir also in den Gestirnen auf die Existenz sehr merkwürdiger und unerwarteter Verbindungen hingewiesen und der chemischen Astronomie ein neues Feld eröffnet. Seither suchte man besonders nach Elementen, hauptsächlich nach Metallen, und nun zeigt es sich, dass

Digitized by Google

auch Verbindungen in Gasform daselbst vorkommen können. Sehr viele Sterne zeigen eine schwarze Linie im Grün sehr nahe bei den Magnesiumlinien *b*, und es ist wahrscheinlich, dass sie eher durch einen Kohlenwasserstoff, als durch Magnesium hervorgebracht wird.

Doch kam Secchi nicht allein zu diesem Resultate. Huggins*) hatte schon 1864 das Kohlenstoffspectrum genau untersucht, ohne seine Ergebnisse zu veröffentlichen. Bei der Beobachtung des Kometen II 1868 von Winnecke, zeigte sich nun die höchst auffallende Thatsache, dass dessen Spectrum genau übereinstimmte mit dem von ölbildendem Gase, durch welches der elektrische Funke schlägt. Obgleich das Spectrum des Brorsen'schen Kometen ähnlich ist und auch aus drei Linien besteht, so fallen diese doch nicht mit den vorigen zusammen und werden daher wohl durch einen andern Kohlenwasserstoff erzeugt.

Später**) wies Secchi noch nach, dass der Kohlenstoff nicht nur in den Sternen des vierten Typus vorkommt, sondern auch in denen des dritten Typus, besonders deutlich bei α Herculis und β Pegasi, während er sich bei α Orionis, Arctur u. a. weniger deutlich zeigt. Ueberhaupt scheinen die Kohlenstofflinien in den Spectren derjenigen Sterne schwächer zu sein, wo die gewöhnlichen Metalllinien deutlicher sind.

Vorher schon wurde der merkwürdigen Ausnahme von γ Cassiopeiae gedacht, welcher Stern bei *F* eine glänzende, statt einer dunkeln Linie zeigt. Wolf und Rayet***) wiesen nach, dass noch drei kleine Sterne im Schwane ähnliche Linien zeigen. Als sie Bessel in Königsberg und späterhin Wolf und Rayet beobachteten, hatten sie die von Argelander (Bonner Katalog) angegebene Grösse. Sie können also vorerst nicht als Veränderliche angesehen werden, auch zeigen sie keine Spur von Nebel. Aber sie unterscheiden sich von ihren Nachbarn sofort durch ihre gelbe Farbe. Der erste (Nro. 4001) ist rein gelb, der zweite (4003) orangegelb, der dritte (3956) grünlichgelb.

Ihr Spectrum ist zusammengesetzt aus einem hellen Grunde, dessen Farben kaum sichtbar sind und dem Roth und Violett zu fehlen scheinen: offenbar nur wegen Schwäche des Lichts. Dieser Grund scheint unterbrochen durch schwarze Linien, aber es ist unmöglich, dieses zu bestätigen oder ihre Lage genau zu bestimmen. Alle aber zeigen eine Reihe von glänzenden Linien; besonders im Spectrum des zweiten Sterns sind diese deutlich. Von vier Linien konnte ihre Lage mit dem Sonnenspectrum verglichen werden:

Sonnenlinien:

0^p (*D*) „ „ „ 406 (*b*) 675 (*F*) „ 1363 (*G*)

Glänzende Linien:

„ 45^p (γ) 92 (β) 282 (δ) „ „ 874 (α) „

(Die blaue Strontiumlinie liegt bei 936.)

*) Phil. Trans. 1868, p. 529. **) Compt. rend. 1869, T. 69, p. 551. ***) Compt. rend. T. 65, p. 292.

Digitized by Google

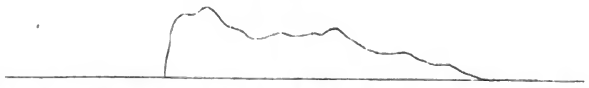
Von diesen Linien ist α sehr breit und lebhaft, β und γ nahe bei einander im Gelb-Orange sind auch noch schön, δ aber ist sehr blass und nur schwer zu sehen. Auf β folgt ein dunkler Raum, ein anderer geht α voraus. Im ersten Sterne ist β glänzender als im zweiten, auch der Grund des Spectrums nach Violett zu erweitert, auf der rothen Seite aber verkürzt. Im dritten Sterne ist nur α deutlich sichtbar, δ kann nur vermuthet werden. Aehnliches zeigt ein rother Stern (AR. $6^h\,27^m$. D. $35°\,32'$) in der Nähe des Doppelsterns Nro. 928 Struve.

Dass diese Linien weder dem Wasserstoff noch dem Stickstoff angehörten, fanden schon die ersten Beobachter, ebenso, dass sie nicht durch Alkalimetalle hervorgebracht werden. Aus der Abwesenheit von wenigstens zwei unter vier glänzenden Linien bei zweien der drei Sterne, aus der beträchtlichen Veränderung des Glanzes der Linie δ in den verschiedenen Spectren, sowie aus der constant lebhaft glänzenden Linie α, schlossen sie auf die Gegenwart eines besondern brennenden Gases, das den drei Sternen gemeinsam sei. Secchi*) fand eine Bestätigung dafür, indem er zeigte, dass sie zum vierten Typus gehörten, obgleich sich ihr Spectrum vom normalen unterscheidet; auch hier beobachtete er die Grundlinien des Kohlenstoffspectrums.

Besonders bemerkenswerth ist noch, dass wir hier wieder sehr nahe benachbarte Sterne finden, welche demselben Typus angehören, was auch hier wieder auf einen gleichen Ursprung hindeutet.

Noch führt Secchi**) einen Stern sechster Grösse im grossen Bären als zum vierten Typus gehörig an. Er gibt auch ein aus drei Hauptbanden gebildetes Spectrum und diese erscheinen bei schwacher Vergrösserung von hellen Linien durchfurcht. Aber mit dem grossen Prisma lösen sich diese Linien in helle, an den Rändern schlecht begrenzte Streifen auf und eine Intensitätscurve (Fig. 6) für den mittlern Streifen

Fig. 6.



Helligkeitscurve der mittlern Bande im Spectrum eines Sterns des vierten Typus im grossen Bären.

ergibt, dass dieselbe viele Maxima und Minima hat, aber nirgends Null wird. „Man sieht, dass die helleren Linien in der Mitte, die bei einer kleinen Dispersion als helle Streifen erscheinen, wirkliche Bänder sind. Ich habe schon früher die Analogie dieses Spectrums mit dem des elektrischen Funkens im Benzindampfe angedeutet. Es wäre ohne Zweifel voreilig, Schlüsse aus dieser noch unvollendeten Thatsache zu ziehen, aber

*) Compt. rend. T. 69, p. 164.
**) Compt. rend. 1870. T. 71, p. 252.

Digitized by Google

ich glaube nicht zu weit über die beobachteten Thatsachen hinauszugehen, wenn ich sage, dass nicht nur die Atmosphären dieser Sterne des dritten und besonders des vierten Typus eine von der unserer Sonne verschiedene Zusammensetzung haben, sondern dass sie auch eine hinreichend niedere Temperatur zu besitzen scheinen, um die Spectren, welche den Gasen bei niederen Temperaturen eigen sind und die man Spectren erster Ordnung nennt, zu geben."

Nach Allem sind die atmosphärischen Verhältnisse bei den weissen, gelben und rothen Sternen sehr verschieden; bei ihnen ist ein in höchster Weissgluth befindlicher Stern als Lichtquelle anzunehmen, doch wird dieses Licht verschieden absorbirt durch die Atmosphäre; in der die Elemente verschieden vertheilt, die Gase in Spannung und Temperatur verschieden und so auch die Absorptionsverhältnisse äusserst mannigfaltig sind, wenn sie auch nicht die Verschiedenheiten darbieten, die von vornherein angenommen werden können.

Was die veränderlichen Sterne anbelangt, so hat diesen hauptsächlich Pater Secchi*) in Rom besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Alle Sterne des dritten und vierten Typus gehören zu den Veränderlichen, es finden sich deren aber auch in den beiden anderen Gruppen. Die mit unregelmässiger Periode (α Orionis, α Herculis etc.) gehören dem dritten Typus mit breiten Zonen im Spectrum an. Es wird dadurch die Existenz mächtiger Atmosphären angezeigt, welche absorbirend wirken, und gerade diese Atmosphären und ihre Veränderungen, die wir uns ähnlich wie die bei unserer Erdatmosphäre vorstellen können, sind wohl auch die Ursache der Veränderlichkeit. Auch die Sonne mit ihren Flecken gehört hierher. Ueberhaupt ist der Anblick des Spectrums vom Innern der Sonnenflecke und der Halbschatten vollkommen dem des Arctur und Aldebaran ähnlich, in welchen die Linien sehr leicht zu trennen und ziemlich breit sind, während das Sonnenspectrum durch seine sehr feinen und zarten Linien mehr dem des Pollux gleicht. Die Coincidenz der düsteren Banden bei dem Sonnenfleckenspectrum im Roth und anderen Stellen mit solchen bei α Orionis hat Secchi nachgewiesen. Ausserdem aber stimmt das System glänzender Linienpaare im Grün bei diesem Stern mit denen im Spectrum der Sonnenflecken überein. Sehr wahrscheinlich würde uns die Sonne ein Spectrum liefern wie das des Aldebaran oder Arctur, wenn ihr Licht überall gleich wäre wie in den Halbschatten, oder wie das von α Orionis und o Ceti, wenn es auf das der Fleckenkerne reducirt wäre. Der letztgenannte Veränderliche hat ein prächtiges Spectrum, das mit dem von α Orionis und β Pegasi vergleichbar ist. Im Februar 1867, als o Ceti vierter oder fünfter Grösse war, zeigten sich scharfe cylindrische Cannellirungen mit denselben dunkeln Linien und an derselben Stelle, wie bei α Orionis; geht man von der kleinen Säule bei D im Gelb aus, so zeigen sich drei Säulen auf der weniger brechbaren Seite,

*) Compt. rend. T. 63, p. 625. T. p. 68, p. 959.

Digitized by Google

und fünf nach Violett zu; alle sind in feine Linien auflöslich. Je mehr der Stern an Glanz gewinnt, um so mehr scheinen auch die schwarzen Linien im Gelb und die erste im Grün ihre Schärfe zu vermindern und weniger schwarz zu werden. Diese heller werdenden Linien sind dieselben, welche im Spectrum von α Orionis sehr schwach und veränderlich sind. Huggins*) dagegen glaubte daraus, dass er bei Beteigeuze zur Zeit des Lichtmaximums eine Gruppe von Absorptionslinien vermisste, die er zwei Jahre vorher deutlich gesehen und gemessen hatte, den Schluss ziehen zu können, dass sich vor den Stern zeitweise ein anderer mit starker Atmosphäre schiebe. Offenbar ist Secchi's Erklärung der Erscheinung weit einfacher.

Ganz anders verhält sich Algol, dessen Spectrum zum ersten Typus gehört und auch in der Minimalperiode der Lichtentwickelung keine Veränderung zeigt. Secchi nimmt daher an, dass die Veränderlichkeit durch einen dunkeln Körper hervorgebracht ist, der vor ihm vorüber geht.

Der Veränderliche *R* in den Zwillingen hatte im Februar 1869 nach den Berechnungen von Schönfeld sein Maximum erreicht und wurde in dieser Zeit von Secchi**) beobachtet. Seine Farbe war schön gelb; sein Spectrum aber gehört zu den sehr seltenen, wo die Wasserstofflinie glänzend ist, also nicht als Absorptionslinie auftritt. Ausser diesem hat Secchi, wie schon früher bemerkt, nur zwei Sterne gefunden (γ Cassiopeiae und β Lyrae), welche die gleiche Eigenschaft haben. Von anderen glänzenden Linien correspondirten die hauptsächlichsten mit dunkeln Linien in α Orionis.

Nach Allem nähert sich sein Verhalten dem merkwürdigen Veränderlichen in der nördlichen Krone, der im Mai 1866 so plötzlich auftauchte und am 12. Mai in England von Birmingham zuerst beobachtet wurde. Er war damals zweiter Grösse, aber durch Positionsbestimmungen in Greenwich wurde sehr bald bekannt, dass er im Bonner Verzeichniss von Argelander (Nr. 2765) als 9,5. Grösse schon aufgeführt war. Sir John Herschel glaubt ihn im Juni 1842 als sechster Grösse gesehen zu haben. Am Abend des 16. Mai 1866 erschien er beträchtlich unter dritter Grösse und wurde damals und in verschiedenen folgenden Nächten von Huggins und Miller ***) beobachtet. Im Teleskop erschien er mit einem schwachen nebeligen Hof umgeben, der sich weit ausbreitete und ohne scharfe Grenze endete. Am 17. war diese Nebelhülle nur noch zu vermuthen und am 19. und 21. Mai gar nicht mehr zu sehen.

Nicht weniger merkwürdig aber als das plötzliche Erscheinen des Sternes in der Krone selbst war sein Spectrum, verschieden von Allem, was die englischen Forscher bis dahin derart gesehen hatten. Es zeigten sich nämlich zwei über einander gelagerte Spectren, so dass also das Licht als

*) Chem. News. XIV, p. 200.
**) Compt. rend. T. 68, p. 361.
***) Proc. R. Soc. 1867, Vol. 15, p. 146.

Digitized by Google

von zwei verschiedenen Quellen ausgehend sich erwies. Die eine war ein glühender, fester oder flüssiger Körper, dessen ausgestrahltes Licht von einer kühlern Atmosphäre theilweise absorbirt wurde. Sein Spectrum hatte also mit dem der Sonne Aehnlichkeit. Im Roth und etwas stärker brechbar als Fraunhofer's Linie *C* waren zwei starke dunkle Linien; dann folgten bis gegen *D* hin sehr zahlreiche feine Linien; *D* selbst trat nur wenig stark auf. Auch bis zu *B* waren zahlreiche aber feine Absorptionslinien. Kurz hinter *b* aber kam eine Reihe dichter Gruppen von starken Linien, die sich in kleinen Zwischenräumen folgten, soweit das Spectrum beobachtet werden konnte.

Ausserdem aber fand sich darüber gelagert ein Gasspectrum von wenigen glänzenden Linien; eine derselben, die heller war, als der ebenso brechbare Theil des ununterbrochenen Spectrums, coincidirte mit *F* Fraunhofer's; daran lagen gegen *G* zu zwei Linien, von welchen die erste etwas weniger glänzend als *F*, aber scharf begrenzt war, die zweite schien entweder eine Doppellinie, oder an den Rändern etwas verwaschen. Nahe bei *G* trat dann noch eine vierte sehr feine helle Linie auf. Auch im äussersten Roth bei *C* konnte eine schwache helle Linie bemerkt werden.

Baxendell, der auch schon am 15. Mai den Stern gesehen und Miller zur Spectralanalyse aufgefordert hatte, schrieb ihm über die Lichtfarbe, dass es scheine, als wenn das Gelb des Sterns durch eine darüberliegende Schicht von blauer Farbe gesehen werde. Die spectroskopische Beobachtung bestätigte diese Auffassung vollkommen. Nach der Lage und Stärke der Absorptionslinien im ersten Spectrum musste das Licht gelb erscheinen. Dazu kam aber noch das Licht der hellen Linien im Grün und Blau.

Bei der fortdauernden Abnahme des Sterns an den folgenden Abenden veränderte sich sein Spectrum nur wenig, nur wurde es auch immer schwächer; die Linie *C* im Roth verminderte sich im Verhältniss zu den grünen und blauen Linien weniger, im Allgemeinen aber steigerte sich besonders die Stärke der Absorptionslinien, weniger die Abnahme der hellen Gaslinien, so dass am 23. Mai, wo der Stern nur noch achter Grösse war, das continuirliche Spectrum äusserst schwach, die hellen Linien aber vergleichsweise noch sehr glänzend waren.

Das helle Gasspectrum kann aber nicht durch den schwachen Nebel erzeugt sein, der teleskopisch rings um den Stern gesehen wurde; dazu waren seine Linien zu hell, traten auch nicht über das continuirliche Spectrum hervor. Es muss die Gasmasse, von welcher das Licht ausstrahlte, eine höhere Temperatur gehabt haben, als die Photosphäre selbst, sonst liesse sich nicht die überwiegende Helligkeit der Gaslinien gegenüber den gleichbrechbaren Lichttheilen der Photosphäre erklären. Zwei der Gaslinien (*C* und *F*) deuten sehr bestimmt auf Wasserstoff, doch müssen die Umstände, unter welchen dieser auf *T* Coronae das Licht ausstrahlte, andere sein, als sie bis jetzt auf der Erde beobachtet wurden,

Digitized by Google

denn bekanntlich ist die grüne Wasserstofflinie immer schwächer und ausgedehnter, als die glänzende rothe Linie, welche das Spectrum dieses Gases charakterisirt. Aus der merkwürdigen Beschaffenheit des Spectrums, zusammengehalten mit dem plötzlichen glänzenden Erscheinen des Sterns und seiner raschen Abnahme im Glanze, wagte Huggins die kühne Vermuthung aufzustellen, dass sich in diesem Sterne plötzlich durch irgend einen Umstand eine grosse Menge Wasserstoff entwickelte, dass dieser durch die Verbindung mit einem andern Elemente verbrannte und so das Licht hervorbrachte, welches durch dieselben Linien dargestellt wird. Das brennende Gas versetzte die feste Masse des Sterns in lebhaftes Glühen, und deren Licht erzeugte dann ein continuirliches Spectrum, in welchem durch Absorption in der Atmosphäre eine Reihe von Linien ausgelöscht wurde. Mit Erschöpfung des Wasserstoffvorraths verminderten sich rasch alle Erscheinungen an Stärke und der Stern nahm in demselben Verhältnisse an Lichtintensität ab. Inzwischen ist dieser Hypothese gegenüber zu bemerken, dass das Spectrum von *T* Coronae nicht den brennenden, sondern den glühenden Wasserstoff anzeigt. Auch ist es schwer denkbar, dass sich aus einem Sterne, der stets leuchtete (und also auch glühte), plötzlich bedeutende Wasserstoffquantitäten sollten entwickeln können, vielmehr führt die ganze Erscheinung des plötzlichen Aufloderns auf diejenige Erklärung, welche in dem Kapitel über die neuen Sterne gegeben wurde (vergl. auch Klein, Entwickelungsgeschichte des Kosmos S. 47).

Die Nebelflecke haben zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich gezogen, und in den letzten 150 Jahren wurde vielfach die Frage nach der wahren Natur dieser zarten, kometenartigen Lichtmassen ventilirt. Nachdem Sir W. Herschel die Vermuthung aufgestellt hatte, sie seien Urmaterie, aus welcher ein neuer Himmelskörper sich erst zu bilden habe, gewann ihr Studium an neuem Interesse, indem wir in ihnen Entwickelungsformen erkennen mussten, welche früher auch die Sonne und die Planeten durchgemacht haben. Das Teleskop hat indess verhältnissmässig nur wenig Auskunft ertheilt; zwar wurden durch besonders starke Instrumente manche Nebel in Sternhaufen aufgelöst, dafür aber erschienen neue, so dass Sir John Herschel's Catalog*) 1864 deren über 5000 aufzählt.

Auch hier konnte nur das Spectroskop genauere Aufschlüsse geben als das Teleskop. Die Schwierigkeiten jedoch, die sich bei der Lichtschwäche der Objecte der Untersuchung entgegen stellten, waren nicht zu unterschätzen und mochten nur durch die vorzüglichsten Instrumente überwunden werden. Auch hier war es der unermüdliche Huggins**), der 1864 im August den ersten Versuch wagte.

Es musste für ihn, den genauesten Kenner der Sternspectren, im

*) Phil. Trans. T. 154, p. 1 bis 137.
**) Phil. Trans. 1866, p. 381. Phil. Mag. (4) 31, p. 415.

Digitized by Google

höchsten Grade überraschend sein, ein Spectrum zu finden, das von denen aller bis dahin untersuchten Himmelskörper abwich, nämlich nicht ein mehr oder weniger vollkommenes Farbenband, sondern ein Spectrum von nur drei leuchtenden Linien. Das Licht wurde also von glühenden Gasmassen ausgestrahlt.

Bei Untersuchung einer grössern Zahl von Nebeln ergab sich jedoch, dass nicht alle in ihrem spectroskopischen Verhalten gleich sind. Manche zeigten ein continuirliches, andere ein Linienspectrum, wieder andere beide Spectra über einander gelagert.

Die sogenannten planetarischen Nebel, deren Untersuchung durch Sir William Herschel ein so hohes Interesse erlangte, erscheinen im Teleskop als kleine runde oder schwach ovale Scheiben, die nur schwache Spuren von Auflöslichkeit zeigen. Die Farbe ihres Lichtes ist bei einigen blau oder blaugrün, was bei isolirten Sternen sich ausserordentlich selten zeigt. Eine centrale Verdichtung ist bei diesen Nebeln meist auch nicht bemerkbar. Es liess sich daher erwarten, dass diese Himmelskörper unter Anwendung des Spectroskops Charaktere zeigen würden, die man bei der Sonne und den Fixsternen nicht findet. Huggins *) hat sie untersucht. Eine Cylinderlinse zur Verbreiterung ist nicht nothwendig, doch wurde bei dem früher beschriebenen grossen Apparate ein zweites Ocular von neunfacher Diametervergrösserung benutzt.

Nr. 4373, John Herschel's, im Drachen, ein sehr heller, ziemlich kleiner, planetarischer Nebel mit grünlich-blauem Lichte, der plötzlich in der Mitte heller wird, sendet fast nur einfarbiges Licht zu uns, denn sein Spectrum besteht bloss aus einer Linie; wird aber der Spalt enger gestellt, so erscheint nahebei und durch einen dunkeln Zwischenraum davon getrennt, eine zweite schwache Linie gegen Violett zu; endlich ist noch eine dritte ausserordentlich schwache Linie bemerkbar, welche mit der Wasserstofflinie F des Sonnenspectrums coincidirt, während die glänzendste eine Stickstofflinie ist. Auf eine kurze Strecke zu beiden Seiten dieser Gruppe von drei Linien, bemerkte Huggins ein höchst schwaches Spectrum, von dem er vermuthet, dass darin dunkle Banden vorkommen, und dass es herrühre von einer festen oder flüssigen leuchtenden Substanz des Kerns, dessen Licht also verschieden ist von dem, welches die Hauptmasse des Nebellichtes ausmacht und die drei Linien hervorbringt.

Im Wesentlichen dasselbe Spectrum zeigt Nr. 4390, ein planetarischer, kleiner, heller, runder Nebel im Stier Poniatowsky's, dem ein deutlicher Kern abgeht. Die drei Spectrallinien nehmen dieselbe Stelle ein und haben dieselbe relative Stärke, sind aber ausserordentlich scharf und bestimmt.

Während bei diesem ein schwaches Spectrum neben den drei Linien nur zu vermuthen war, zeigte Nr. 4514, ein planetarischer, grünlich-

*) Phil. Trans. 1864, T. II. Phil. Mag. (4) 31, 523.

Digitized by Google

blauer, runder Nebel mit Centralstern von elfter Grösse, im Schwan, ausser denselben Linien ein Spectrum zwischen D und G, das viel stärker ist, als das des genannten Nebels im Drachen, was auch mit der grössern Helligkeit des Kerns oder Centralsterns übereinstimmt. Und in der That, wird die Cylinderlinse beseitigt, so bleiben die drei Linien in der Länge des Durchmessers des teleskopischen Nebelbildes, während das continuirliche Spectrum zu einer Querlinie zusammenschrumpft, weil das Licht von einem Gegenstande ausgeht, dessen teleskopisches Bild ein Punkt ist.

Der kleine, sehr helle, elliptische, planetarische Nebel Nr. 4628, im Wassermanne, bei dem Lord Rosse weder einen Centralstern, noch eine Perforation entdecken konnte, hat ebenfalls eine grünlich-blaue Farbe und zeigt dieselben drei Linien, aber auch hier liess sich ein kleines ununterbrochenes Spectrum nur vermuthen.

Der Ringnebel in der Leyer, Nr. 4447, gibt, obgleich er im Teleskope hell erscheint, nur sehr schwache Linien, deutlich nur die hellste. Diese besteht aber aus zwei Lichtpunkten, welche mit den beiden Theilen des Ringes correspondiren. Da diese hellen Punkte durch eine Lichtlinie verbunden sind, so ist wahrscheinlich, dass die schwache Nebelmasse des Centrums dieselbe Constitution hat, wie der Ring selbst.

Auch Nr. 4964, ein heller, kleiner, runder, grünlich-blauer planetarischer Nebel, erscheint bei 600facher Vergrösserung deutlich ringförmig. Sein Spectrum ist das einzige, das Huggins gefunden, welches nicht nur die oftgenannten drei Linien zeigt, sondern auch noch eine vierte, die sehr hell und fein ist und gegen Violett zu liegt.

Dagegen besteht das Spectrum des sehr hellen, grossen, unregelmässig gestalteten Nebels, Nr. 4532 (Dumb-bell), der nach Untersuchung mit den besten Teleskopen für wahrscheinlich auflöslich gehalten wurde, nur aus einer Linie, welche mit der hellsten der drei genannten correspondirt und eine Stickstofflinie ist. Von den beiden anderen Linien sowie von einem continuirlichen Spectrum konnte nichts wahrgenommen werden. Da nun Lord Rosse, Otto Struve u. A. in diesem Nebel ausserordentlich schwache Lichtpunkte bemerkt haben, so sind demnach ihre Spectren unsichtbar, vielleicht wegen mangelnder Lichtstärke. Auch zeigt sich in allen Theilen des Nebels die Brechbarkeit des Lichtes gleich und der einzige Unterschied ist in der Intensität zu finden.

Der grosse Nebel im Schwertgriffe des Orion Nr. 1189 John Herschel's, ist vielfach Gegenstand der sorgfältigsten teleskopischen und spectroskopischen Untersuchungen gewesen. Der allgemeine Anblick des weniger glänzenden und wolkenartigen Theils ist durchaus nebelartig und nicht auflöslich; die Umgegend des Trapezes dagegen erwies sich in Lord Rosse's Reflector als auflöslich.

Huggins*) fand im Spectrum des hellsten Theils des Orionnebels,

*) Proc. R. Soc. XIV, p. 39. Sill. J. (2) T. 47, p. 275.

Digitized by Google

nahe dem Trapez, auch wieder nur die gewöhnlichen drei Linien des Gasspectrums. Sie waren sehr scharf und frei von Verwischtheit, wenn der Spalt eng gestellt wurde, und die Zwischenräume zeigten sich ganz dunkel. Wurde aber einer der vier Sterne des Trapezes vor den Spalt gebracht, so entstand ein continuirliches Spectrum von beträchtlicher Helligkeit; ohne Cylinderlinse erschien es fast als Linie und zwar gleichzeitig mit den drei Gaslinien des Nebels selbst, welche, entsprechend der Länge des Spaltes, von beträchtlicher Länge waren und über das continuirliche Spectrum hervorragten. Von den beiden anderen Sternen γ' und α', welche mit dem Teleskop erkennbar sind, waren die Spectra für die Beobachtung zu lichtschwach. In keinem der Spectren der vier Sterne zeigten sich Absorptionslinien an der Stelle der drei hellen Nebellinien.

Wurden darauf die übrigen Theile des Nebels, welche überhaupt hell genug für eine spectroskopische Beobachtung sind, vor den Spalt gebracht, so änderte sich das Gasspectrum nicht, und die drei Linien blieben ganz unverändert, bis auf ihre Lichtstärke.

Die zusammengehäuften Sterne, welche Lord Rosse u. A. in den helleren Theilen des Nebels gesehen haben, stehen jedenfalls in einer gewissen Beziehung zu dem blauen, nicht auflöslichen Theil des Nebels, doch kann nicht angenommen werden, dass nur ihre Lichtschwäche die Bildung eines continuirlichen Spectrums verhindere. Es ist hier dieselbe Erscheinung, wie bei dem schon erwähnten Dumb-bell-Nebel, in welchem die feinen Lichtpunkte auch nicht mit dem Spectroskop wahrnehmbar sind.

Es ist demnach klar, dass die Entdeckung einer Anzahl sehr kleiner, dicht gestellter Lichtpunkte in einem Nebel, welche seither als ein sicheres Zeichen ihrer sternartigen Constitution angesehen wurden, nicht länger dafür gelten können, dass ein Nebel oder ein Theil desselben, aus wirklichen Sternen gebildet sei. Wenigstens in einigen Nebelflecken müssen wir die sternartigen Lichtpunkte ansehen als gasförmige Massen, als dichtere Theile des ganzen Nebels; das Spectroskop zeigt, dass diese ungeheuren Systeme glühenden Gases zwar stellenweise verdichtet, aber nicht zu festen oder flüssigen Massen condensirt sein können. Auch scheint die Vermuthung wahrscheinlich, dass die scheinbare Dauer ihrer allgemeinen Form bedingt ist durch die Bewegung dieser dichteren Theile, welche im Teleskop als Lichtpunkte erscheinen.

Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangte Secchi*) bei vielfacher Beobachtung des Orionnebels. Dabei machte er noch auf eine andere Eigenthümlichkeit desselben aufmerksam. Obgleich das Trapez in einem dunkeln Raume zu liegen scheint, so muss es doch von einem starken Nebel umgeben sein, denn an dieser Stelle ist das Nebelspectrum sehr deutlich und durchaus nicht vermindert durch die Gegenwart des Spec-

*) Compt. rend. T. 60, p. 468, 543. T. 66, p. 643. T. 68, p. 63.

Digitized by Google

trums der Sterne. Diese Isolirung der Sterne ist also nur scheinbar und eine Folge des Ueberwiegens des Sternenlichtes gegen das Nebellicht.

Auch der Nebel Nr. 4499 gehört zu denen, wo die genaueste teleskopische Untersuchung im Zweifel lässt, ob er auflöslich ist oder nicht. Sir J. Herschel erkannte darin sehr kleine Sterne, von welchen einer heller ist, als die übrigen; Lord Rosse bemerkte sechs Sterne darin. Doch konnte Huggins mit seinem Spectralapparate nur eine Linie, und diese nur äusserst schwach, wahrnehmen.

Dagegen vermuthete Huggins bei dem hellen kleinen planetarischen Ringnebel Nr. 2102, der auch blaues Licht hat, neben dem Gasspectrum bei weitem Spalte ein Farbenband, das aber höchst undeutlich war. Das Gasspectrum zeigte eine stärkere Linie, wahrscheinlich die mit der Stickstofflinie coincidirende, während die beiden anderen äusserst schwach waren.

Bemerkenswerth ist auch der kleine planetarische Spiralnebel Nr. 4572, welcher satellitenartig von vier Sternen begleitet wird; er erscheint wie eine Nebelscheibe durchaus gleichmässig hell und liefert nur eine Linie im Spectrum, während die Begleitsterne das gewöhnliche continuirliche Spectrum geben.

Diese und ziemlich zahlreiche andere Nebel, welche ein Hauptspectrum von einer bis drei oder vier Linien geben, können also nicht angesehen werden als Anhäufungen von Sonnen oder Sternen. Das Verhalten ihres Lichtes ist so verschieden, dass auch die Lichtquelle eine ganz andere sein muss, denn nur glühende Gase senden einzelne Lichtstrahlen von bestimmter Brechbarkeit aus, wie wir sie in diesen Nebelspectren finden. Schon Sir John Herschel schloss aus dem Mangel einer centralen Lichtzunahme, dass diese Massen nicht eine Anhäufung von Sternen sein könnten, und nahm an, dass sie hohle leuchtende Kugeln seien oder flache Scheiben, die zufällig so stehen, dass die Sehlinie senkrecht darauf ist. Diese Annahmen sind aber unwahrscheinlich und gar nicht nothwendig. Bestehen diese Nebel ihrer ganzen Masse nach aus glühenden Gasen, so werden zwar die äusseren, sowie die inneren Theile der kugeligen Masse Licht ausstrahlen, aber trotzdem wird für uns keine oder nur eine unwesentliche Lichtzunahme gegen die Mitte wahrnehmbar sein, weil das Licht des innern Theiles, indem es die äusseren Theile des leuchtenden Nebels durchstreicht, ganz oder fast ganz absorbirt wird; zu uns kann also nur das Licht der Oberfläche gelangen. Schon 1811 sprach Sir William Herschel die Meinung aus, dass diese kugeligen Anhäufungen hellen Nebels nicht aus einer leuchtenden Substanz bestehen könnten, welche für das Licht vollkommen durchdringlich ist. Erst Kirchhoff zeigte die Absorptionswirkung. W. Herschel dagegen vermuthete, dass eine bis zu gewissem Grade fortgeschrittene Verdichtung die Durchlassung des Lichtes verhindern könne, so dass die Ausstrahlung nur auf die Oberfläche beschränkt sei.

Solche Gashaufen können ohne Zweifel durch verschiedene Ursachen

Digitized by Google

an einer oder mehreren Stellen sich verdichten, und schreitet diese Verdichtung fort bis zum Flüssig- oder Festwerden, so erscheint ein Lichtpunkt oder mehrere Lichtpunkte im Nebel; diese müssen aber dann ein continuirliches Spectrum erzeugen. Jedenfalls aber besteht die glühende Nebelmasse selbst aus Wasserstoff, Stickstoff und einem dritten unbekannten Körper, und wenn noch andere glühende Gase vorhanden sind, so kommt ihr Licht zu geschwächt zu uns, um im Spectralapparate erkannt zu werden.

Die drei Gaslinien *a*, *b* und *c*, Fig. 7, welche bei den eigentlichen Nebelflecken in der Regel beobachtet werden, sind, wie bemerkt, von ver-

Fig. 7.

Spectrum des Orion-Nebels nach Secchi.

schiedener Intensität; *a* ist sehr stark und breit, *b* nur halb so stark, aber meist noch sehr merkbar, während *c* nahe bei *a* sehr schwach ist. Alle liegen etwa in der Mitte zwischen *D* und *Sr δ*, die Hauptfarbe der Nebel ist also Grün, während Blau nur schwach auftritt. Von der hellsten Linie *a* wissen wir mit Sicherheit, dass sie mit der hellsten Stickstofflinie coincidirt; doch treten ausser ihr noch eine grosse Anzahl anderer Linien im Stickstoffspectrum auf. Die schwächste Nebellinie *c* fällt mit der grünen Wasserstofflinie $H\beta$ zusammen, welche im Sonnenspectrum als die starke Absorptionslinie *F* Fraunhofer's gefunden wird. Das gewöhnliche Wasserstoffspectrum zeigt aber noch zwei andere Linien $H\alpha$, welche als Linie *C* im Sonnenspectrum auftritt, und $H\gamma$, welche nahe bei der Sonnenlinie *G* liegt. Die dritte Nebellinie *b* in der Mitte zwischen den beiden genannten coincidirt mit keiner bekannten Linie des Sonnenspectrums; ihr zunächst liegt eine Magnesiumlinie.

Dieselbe Stickstofflinie *a* findet sich auch in den Spectren mancher Kometenkerne, während der Schweif derselben bekanntlich nur von der Sonne reflectirtes Licht aussendet. Ob der Komet I. 1866 ausser der genannten Stickstofflinie auch die beiden anderen zeigt, konnte Huggins*) nicht entscheiden. Bei anderen Kometen wurden Linien des Kohlenstoffspectrums gefunden (vergl. hierüber Bd. I. dieses Werkes).

Es liegt aber die Frage nahe, warum wir in einem Nebelfleckspectrum nur eine Stickstofflinie, sowie nur eine Wasserstofflinie wahrnehmen und nicht das ganze complicirte Stickstoffspectrum und die beiden anderen charakteristischen Linien des Wasserstoffspectrums.

*) Proc. R. Soc. Vol. 15, p. 6.

Digitized by Google

Die Beantwortung dieser Frage ist deshalb schwierig, weil der Einfluss bekannt sein müsste, welchen die Tension der Gase auf ihr Spectrum ausübt, sowie auch der Einfluss der Wärme. Schon bei Erwähnung der verbreiterten Wasserstofflinien in den Spectren der Sterne des ersten Typus, war davon die Rede. Bei etwas geringerm Drucke des reinen Stickstoffs einer Atmosphäre, erzeugt der Inductionsfunke ein Spectrum, dessen hellste Linie mit a des Nebels genau coincidirt, doch erscheint diese nicht als Doppellinie, wie die des Stickstoffs. Schlägt der Funken aber durch atmosphärische Luft, so zeigt sich eine Linie, welche der Nebellinie a entspricht, „so dass unter diesen Verhältnissen das Stickstoffspectrum aufs Genaueste den Spectren der Nebelflecke gleicht." Selbst als Doppellinie erscheint sie nun nicht mehr. Plücker*) hat nachgewiesen, dass wenn man einen sehr heissen Inductionsfunken anwendet, die Doppellinie zu einem ungetheilten Bande zusammenfliesst. Frankland und Lockyer**) dagegen glauben constatirt zu haben, dass das Spectrum des Stickstoffs bei niedriger Temperatur und geringem Druck nur aus einer einzigen Linie im Grün besteht. Auch bestätigten diese, sowie Secchi, dass wenn der glühende Stickstoff in der Geissler'schen Röhre hinreichend weit von dem Spalt des Spectroskops entfernt ist, nur ein monochromatisches Spectrum des Stickstoffs wahrnehmbar ist und selbst keine Doppellinie entsteht.

So hat denn die Interpretation dieser Erscheinungen in Bezug auf die Nebelspectren zu entgegengesetzten Resultaten geführt. Während Frankland und Lockyer***) annehmen, die Temperatur der Nebel sei niedriger als die der Sonne und die Dichtigkeit ihrer Gase ausserordentlich gering, glaubt Secchi †), dass die Nebel, welche die grüne Linie hervorbringen, eine sehr hohe Temperatur haben müssen. Es ist, wie Secchi ††) gezeigt, selbst gar nicht nöthig, anzunehmen, dass, beeinflusst von Druck und Hitze, Wasserstoff und Stickstoff nicht in dem gewöhnlichen Zustande in den Nebeln enthalten seien, so dass sie dadurch verhindert würden, mehr als eine Schwingung zu machen. Die Erscheinung wird nur durch die Verschiedenheit des Glanzes bedingt. So zeigt eine Geissler'sche Wasserstoffröhre die bekannten drei Linien; schwächt man aber das Licht durch Reflexion, etwa mit weissem Papier, so verschwinden $H\alpha$ und $H\gamma$. Photometrische Messungen zeigten auch, dass diese Linien viel lichtschwächer sind, als $H\beta = F$ des Sonnenspectrums. So ist es auch bei den Nebeln; wir sehen bei diesen nur die lichtstärksten Linien, und mit noch stärkeren Instrumenten wird es vielleicht noch möglich, auch die schwächeren wahrzunehmen.

Sicherlich kann die Gegenwart einer Linie im Spectrum genügen,

*) Pogg. Ann. B. 103, p. 88. B. 104, p. 113, 622. B. 105, p. 67. B. 107, p. 77, 415.
**) Proc. R. Soc. V. 17, 453. V. 18, p. 79.
***) Compt. rend. T. 68, p. 1519.
†) Compt. rend. T. 69, p. 165.
††) Ebendas. T. 66, p. 643.

Digitized by Google

um die Gegenwart eines Elementes zu erkennen; da man aber in den Nebelspectren keine Linien sieht, die heller sind als $H\beta$, so darf man an der Gegenwart aller Körper zweifeln, die hellere Linien als diese hervorbringen. Auch ist die Einfarbigkeit der Nebel vielleicht nur scheinbar; andere Linien sind für uns möglicherweise unsichtbar, weil sie zu schwach sind. Jedenfalls aber wirken Wasserstoff, Stickstoff und die dritte unbekannte Substanz in den Nebeln durch directe Radiation im glühenden Zustande, und nicht durch Absorption wie in den meisten Sternen.

Zur Beobachtung der Nebelspectren ist nicht die Zeit des Neumondes erforderlich, denn selbst bei Vollmond ist, wie Secchi fand, das Spectrum in manchen Partien sehr lebhaft. Dies führte ihn auf den Gedanken, mit Hülfe dieses Umstandes die Lichtstärke in den einzelnen Theilen des Orionnebels zu schätzen, um so die Structur desselben genauer zu erkennen, die bei gewöhnlichen Beobachtungen unbeachtet bleibt. In den Nächten ohne Mondschein leuchteten auch die weniger intensiven Theile des Nebels, aber die stärksten gleichen nahezu auch den schwächeren und es entsteht ein gleichmässiges Licht, in welchem viele Details verloren gehen. Bei Mondschein dagegen treten zwei Stellen besonders hervor, von welchen eine der Umgebung des Trapezes entspricht. Durch solche Beobachtungen unter verschiedenen Lichtverhältnissen, erklären sich wohl auch manche Verschiedenheiten, die sich bei den Beobachtungen verschiedener Forscher zeigen. Auch können dabei atmosphärische und klimatische Ursachen von Einfluss sein, die Grösse des Spaltes am Spectroskop und andere äusserliche Verhältnisse, die aber auf die Erfolge von wesentlicher Einwirkung sein müssen.

Digitized by Google

Huggins hat bei den folgenden 19 Nebelflecken ein Linienspectrum gefunden:

Sir John Herschel's Generalcatalog *).	Andere Cataloge.	Sternbild.
Nr. 4373	37 W. Herschel IV.	im Drachen.
4390	6 Struve.	Stier des Poniatowsky.
4514	73 H. IV.	Schwan.
4510	51 H. IV.	im Schützen.
4628	1 H. IV.	Wassermann.
4447	57 Messier.	Ringnebel der Leyer.
4964	18 H. IV.	Friedrichsehre.
4532	27 Messier.	Dumb-bell im Fuchs.
1189	—	Orionnebel.
2102	27 H. IV.	Hydra.
4234	5 Struve.	Herkules.
4403	17 Messier.	Schütze.
4572	16 H. IV.	Pfeil.
4499	38 H. VI.	Adler.
4827	705 H. II.	Cepheus.
4627	192 H. I.	„
385	76 Messier.	Perseus.
386	193 H. I.	„
2343	97 Messier.	Grosser Bär.

Anders dagegen verhalten sich die Sternhaufen und die deutlich auflösbaren Nebelflecken. Bei ihnen bemerkt man ein continuirliches Spectrum von grösserer oder geringerer Länge; sie senden also nicht Licht aus von ein bis drei oder vier verschiedenen Wellenlängen, sondern solches, das, wie bei den Fixsternen, einen allmäligen Uebergang von einer Wellenlänge zur folgenden zeigt. Ob auch hier dunkle Absorptionslinien und Streifen entstehen, wie bei den Fixsternen, konnte wegen der Lichtschwäche noch nicht entschieden werden; einige scheinen in verschiedenen Theilen ungleich glänzend zu sein. Jedenfalls aber lässt sich aus ihrem Spectrum erkennen, dass diese leuchtenden Nebelflecken Sternhaufen sind und das Licht von einem oder mehreren festen oder flüssigen im glühenden Zustande befindlichen Kernen ausstrahlt.

*) Phil. Trans. 1864, T. 154, p. 1.

Digitized by Google

Bei den folgenden 38 Nebelflecken hat **Huggins** ein continuirliches Spectrum beobachtet:

Sir John Herschel's Generalcatalog.	Andere Cataloge.	Sternbild.
Nr. 4294	92 Messier.	Herkules.
4244	50 W. Herschel IV.	"
116	31 M.	Gr. Andromeda-Nebel.
117	32 M.	Kl. Andromeda-Nebel.
428	—	55 Andromeda.
826	2 H. IV.	Eridanus.
4670	15 M.	Pegasus.
4678	18 H. V.	Wassermann.
105	18 H. V.	Andromeda.
307	151 H. I.	Fische.
575	156 H. I.	Perseus.
1949	81 M.	Grosser Bär.
1950	82 M.	" "
3572	51 M.	Jagdhunde.
2841	43 H. V.	Grosser Bär.
3474	63 M.	Jagdhunde.
3636	3 M.	"
4058	215 H. I.	Drache.
4159	1945 John Herschel.	Herkules.
4230	13 M.	"
4238	12 M.	Ophiuchus.
4244	50 H. IV.	Herkules.
4256	10 M.	Ophiuchus.
4315	14 M.	"
4357	199 H. II.	"
4473	44 Auwers.	Jungfrau.
4437	11 M.	Sobieski's Schild.
4441	47 H. I.	" "
4586	2081 John Herschel.	Delphin
4625	52 H. I.	"
4600	15 H. V.	Schwan.
4760	207 H. II.	Pegasus.
4815	53 H. I.	"
4821	233 H. II.	"
4879	251 H. II.	"
4883	212 H. II.	"
4627	192 H. I.	Cepheus.

Digitized by Google

So zeigt der glänzende kugelige Sternhaufen Nr. 4294, im Herkules, wenn das helle Centrum vor den Spalt gebracht wird, ein schwaches Farbenband wie von einem Stern, und erstreckt sich, zwischen *C* und *D* beginnend, fast bis *G*. Doch ist es zu schwach, um Absorptionslinien darin zu erkennen. Nr. 4244, auch im Herkules und glänzend, gross und rund, giebt ebenfalls ein sternartiges Spectrum ohne Andeutung von hellen Linien. Wird der hellste Theil des Andromeda-Nebels, Nr. 116, vor den Spalt des Spectroskops gebracht, so zeigt sich ein Spectrum von *D* bis *F*. Es scheint das Licht im Orange plötzlich abgeschnitten, was wahrscheinlich von der geringern Lichtstärke dieses Theiles des Spectrums herrührt; auch hier treten keine hellen Linien auf. Nr. 117 ist der kleine, sehr helle Begleiter des vorgenannten grossen Andromeda-Nebels und zeigt dasselbe Spectrum wie dieser. Der Nebelstern Nr. 428, 55 Andromedae, bei dem Lord Rosse trotz achtmaliger Beobachtung keine Nebelatmosphäre wahrnehmen konnte, dem aber Sir J. Herschel eine starke Atmosphäre zuschreibt, gibt ein Spectrum, das dem eines gewöhnlichen Sternes gleicht.

Obgleich die astronomischen Spectralapparate eine hohe Vollkommenheit erreicht haben, so ist in Bezug auf diese Himmelskörper doch noch nicht entschieden, ob das Farbenband, das als continuirliches Spectrum bezeichnet wurde, wirklich ein solches auch nur in dem Sinne ist, wie es die Sonne und die Fixsterne geben. Im Gegentheile ist es möglich und selbst wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil dieser Nebel ein, aus vielen hellen Linien bestehendes Spectrum liefere, wie das von anderen nur aus einer bis drei Linien besteht; dafür spricht z. B. das erwähnte Spectrum des Andromeda-Nebels, Nr. 116, das im Orange plötzlich aufhört, wo also nur Licht ausgestrahlt wird, das die ungefähre Brechbarkeit von *D* und eine stärkere hat; die vermutheten Absorptionslinien können eben so gut Lücken in dem ausgestrahlten Licht entsprechen.

Doch nicht von allen Nebeln mit ununterbrochenem Spectrum kann vermuthet werden, dass dies immer scheinbar sei; seine einzelnen Partien sind ungleich hell und in diesen müsste dann, wenn der Spalt enger gestellt wird, eine Reihe von hellen Linien mit grösserer Schärfe auftreten. Jedenfalls aber werden die Spectren wirklich auflösbarer Sternhaufen zusammengesetzt sein aus den Lichtstrahlen der constituirenden Lichtpunkte. Wenn aber in Nebeln durch das Teleskop derartige haufenartig zusammengestellte Lichtpunkte entdeckt werden, so ist auch dies nicht ein absolut sicheres Anzeichen, dass jene Himmelskörper aus wirklichen Sternen bestehen. Es ist daher von Interesse, zu untersuchen, in wie weit die spectralanalytische mit der teleskopischen Untersuchung der Nebel übereinstimmt. Lord Oxmantown hat die spectralanalytischen Untersuchungen der Nebel durch Huggins, verglichen mit den teleskopischen Untersuchungen; danach liefern:

Digitized by Google

	Ein Farbenband: (contin. Spectr.).	Lichtlinien: (Gasspectr.).
Sternhaufen.	10	0
Aufgelöste oder zweifelhaft aufgelöste Nebel	5	0
Auflösbare oder zweifelhaft auflösbare Nebel	10	6
Blaue oder grüne, nicht auflösliche Nebel.	0	4
Keine Auflöslichkeit angedeutet.	6	5
	31	15
Nicht von Lord Rosse beobachtet	10	4
	41	19

Wir finden sonach eine schlagende Uebereinstimmung der teleskopischen mit den spectroskopischen Untersuchungen. Die Hälfte der Nebel, welche ein continuirliches Spectrum liefern, sind auch in Sternhaufen auflöslich und ungefähr ein Drittel weiter wahrscheinlich auflöslich, während von den Nebeln mit Linienspectren, von Lord Rosse keine mit Sicherheit aufgelöst wurden.

Am südlichen Himmel hat Lieutenant John Herschel*) spectroskopische Untersuchungen der Nebelflecken angestellt. Aber gerade diese zeigen, mit wie ausserordentlichen Schwierigkeiten solche Beobachtungen verbunden sind. Ausgerüstet mit vorzüglichen Instrumenten zur Beobachtung der grossen Sonnenfinsterniss im August 1868, an einem besonders günstigen Beobachtungsorte in Indien und selbst ein geübter und zuverlässiger, mit der Spectralanalyse vertrauter Astronom, erzielte J. Herschel doch nur verhältnissmässig geringe Resultate. Einige Beispiele werden dies zeigen.

Nr. 3531, kugeliger Sternhaufen, ω Centauri. Mit blossem Auge ist ein grosser eiförmiger Sternhaufen zu sehen, der gegen die Mitte zu heller ist. Als Spectrum erscheint ein unentschiedener Nebel ohne Linien.

Nr. 2197. Grosser Nebel im Argus. Im Spectrum sind Linien sichtbar, aber nicht deutlich genug, um sie zu trennen.

Nr. 2017. Sehr heller und grosser planetarischer Nebel. Er ist schwer im Spectroskop zu finden und dessen Spalt sehr weit. Es entsteht ein ununterbrochenes Spectrum mit einem Lichtfleck ziemlich in der Mitte oder $^2/_5$ vom rothen Ende.

Nr. 2581. Kleiner, runder, planetarischer Nebel mit blauem Lichte. Im Spectroskop ist eine ziemlich scharfe und glänzende kurze Linie deut-

*) Proc. R. Soc. Vol. 16, p. 417, 451.

Digitized by Google

lich zu erkennen; ausserdem noch eine schwächere und brechbarere Linie.

Nr. 4083. Sehr grosser und glänzender, kugeliger Haufen, der in der Mitte sehr gedrängt ist; im Teleskop erscheint er als schwach ovaler Nebelball. Das Spectroskop zeigt ein schwaches continuirliches Spectrum von beträchtlicher Länge, aber von Linien ist keine Spur angedeutet.

Nr. 4173 ist leicht im Teleskop zu sehen, wurde aber mit dem Spectroskop während zwei Stunden vergebens gesucht.

Nr. 4390. Sehr glänzender, kleiner, planetarischer Nebel, der im Spectroskop eine kurze glänzende Linie mit einer schwächern gegen Violett zeigt; eine dritte Linie war zu vermuthen.

Nr. 2102. Sehr glänzender, wenig ausgedehnter, planetarischer Nebel. Im Spectroskop erscheinen eine glänzende und eine schwache Linie; die erwartete dritte wurde nicht gesehen.

Nr. 1179, der Orionnebel, der zur Vergleichung beobachtet wurde, zeigte deutlich drei Linien und nur diese drei.

J. Herschel führt seine Liste weiter, ohne dass es nöthig ist, ihm zu folgen, denn sehr oft bringen selbst deutlich sichtbare Nebel, noch mehr aber lichtschwache, gar kein Spectrum hervor. „Nichts gesehen" wiederholt sich in den verschiedensten Variationen und nur selten erkennt er die einzelnen Linien oder ein schwaches Farbenband.

Auch die Bemühungen von Huggins*), die Lichtmenge der Nebel photometrisch zu bestimmen, indem er sie mit dem Lichte einer bestimmten Versuchskerze verglich, die in einer bestimmten Entfernung brennt, lieferten nur ungenügende Resultate.

Eine der merkwürdigsten Anwendungen des Spectroskops bei der Untersuchung des Fixsternhimmels ist die zur Erkennung einer Bewegung bei einem Fixsterne.

Wie die Höhe eines Tones abhängig ist von der Anzahl der Schallwellen, welche in einer bestimmten Zeit das Ohr treffen, so werden auch die verschiedenen Farben durch die verschiedene Schnelligkeit der Wellenschwingungen des Lichtäthers hervorgebracht. Doppler**) hat schon 1841 darauf aufmerksam gemacht, dass ein Ton sich ändern müsse, wenn der tönende Körper sich dem Hörer rasch nähert, oder sich von ihm rasch entfernt. Der directe Versuch hat dies bestätigt. Ebenso muss auch die Farbe sich ändern, wenn eine Lichtquelle sich rasch auf den Beobachter zu bewegt; es werden dann in einer Zeiteinheit mehr Lichtwellen die Netzhaut treffen, als wenn dieselbe Lichtquelle sich von dem Beobachter entfernt. Doppler erklärte auf diese Weise die Farben der Fixsterne, indem er annahm, dass die Geschwindigkeit dieser Sterne nicht verschwindend klein sei gegen die des Lichts.

---

*) Philos. Mag. (4) Vol. 31, 399, 475.

**) Abh. böhm. Ges. II. 465.

Digitized by Google

Das violette Licht macht die meisten, das rothe Licht die geringste Anzahl von Schwingungen in einer Zeiteinheit; es wird also das violette Licht bei den annähernden, das rothe bei den sich entfernenden Sternen vorherrschend sein. Nehmen wir an, ein Stern nähere sich mit der halben Geschwindigkeit des Lichts dem Beobachter, so wird sich seine Farbe um eine Octave, wenn der in der Akustik übliche Ausdruck festgehalten werden darf, steigern, also von Roth in Violett übergehen. Entfernt sich dagegen der Stern mit der Geschwindigkeit des Lichts von dem Beobachter, so wird sich seine Farbe um eine Octave herabstimmen und ein violetter Stern roth erscheinen. Für kleinere Geschwindigkeiten ergeben sich dann andere Farbenveränderungen, aber immerhin muss die Differenz in der Anzahl der Aetherwellen gross genug sein, um noch von dem Auge durch den verschiedenen Reiz auf die Netzhaut empfunden zu werden.

Dazu kommt aber noch, dass ausser den Lichtwellen von leuchtenden Körpern auch Aetherwellen erzeugt werden, welche kürzer sind als die des violetten und länger, als die des rothen Lichtes. Unsere Augen können sie nicht wahrnehmen, wohl aber wirken sie auf chemische Agentien und auf das Thermoskop. Entfernt sich die Lichtquelle, so können sich die chemisch activen Wellen in Licht umsetzen, und dasselbe ist mit den Wärmewellen der Fall, wenn sich die Lichtquelle nähert. Dadurch aber kann der Effect einer Farbeänderung unmerklich werden.

Anders aber verhält es sich mit den Strahlen, welche durch Verbrennung von bestimmten Substanzen in leuchtenden Körpern erzeugt werden. Eine Substanz (Wasserstoff), welche die Linie *F* des Spectrums mit einer Wellenlänge von 486,52 *) Milliontel Millimeter hervorbringt, würde sie auch bei einer Bewegung des Sterns erzeugen, aber ihre Lage müsste sich ändern; denn während das vibrirende Molecül, welches sie hervorruft, in der ihm eigenen und unveränderlichen Zeit schwingt, wurde die Welle verlängert oder verkürzt durch die Bewegung des Ausstrahlungspunktes; es musste sich also seine Brechbarkeit ändern. Es müsste die Linie *F* nach *E* rücken, wenn die Wellenlänge auf 527,4 Milliontel Millimeter wüchse, sie rückte also in das Grün. Um eine solche Veränderung zu bewirken, müsste sich der Stern mit einer Geschwindigkeit von 31 000 Kilometern in der Secunde entfernen, oder da die Erde in derselben Zeit nur 30,4 Kilometer zurücklegt, so müsste der Stern eine 1000 mal grössere Geschwindigkeit haben.

Wir erkennen daraus, dass nicht nur die genaue Bestimmung der Wellenlängen für die einzelnen Theile des Spectrums, um welche sich einzelne Forscher **) besondere Verdienste erworben haben, von grösster Bedeutung sind, sondern auch, dass zur Beobachtung von Linien-

*) Nach Angström; nach Ditscheiner 486,87 Milliontel Millimeter.

**) Fraunhofer, van der Willigen, Angström, Ditscheiner, Mascart, Thalén, Gibbs, Bernard u. A.

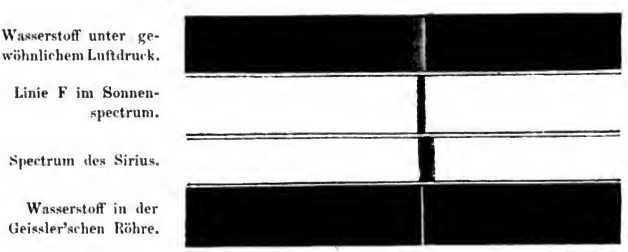
Digitized by Google

verschiebungen im Spectrum die ausgezeichnetsten Apparate gehören, um so geringe Differenzen, wie sie zu erwarten sind, wahrnehmen zu können.

Secchi in Rom und Huggins in England richteten ihre Aufmerksamkeit ziemlich gleichzeitig auf diese wichtigen Untersuchungen, letzterer, begünstigt durch ein vorzügliches Instrument*) mit entschieden grösserm Erfolge. Denn nur mit einem Instrumente, das eine sehr stark zerstreuende Kraft hat, kann die jedenfalls nur geringe Verschiedenheit in der Brechbarkeit einzelner Linien, welche durch eine kleine Veränderung in der Wellenlänge hervorgebracht wird, gemessen werden.

Huggins beobachtete auf diese Weise besonders Sirius, der sich durch bedeutende Helligkeit und grosse Intensität der vier Linien seines Spectrums zu derartigen Untersuchungen vor allen eignet, und wies nach, dass die Linie $H\beta$ als starke dunkle Linie auftritt. Vergleicht man sie mit F der Sonne, mit $H\beta$ der Geissler'schen Röhre und mit derselben Linie des Wasserstoffs unter gewöhnlichem Druck, so zeigt es sich, dass die Siriuslinie etwas nach Roth verschoben und zugleich etwas verbreitert ist (Fig. 8). Die letztere Erscheinung wird, wie dies schon mehrfach erwähnt wurde, durch einen höhern Druck des Wasserstoffs in der

Fig. 8.



Siriusatmosphäre hervorgebracht. Es fragt sich nur, ob die Verbreiterung bei Anwachsen des Druckes nach beiden Seiten der Linie F gleichmässig nach links und rechts stattfindet, oder einseitig. Wie Lockyer und Frankland**), so fand auch Huggins, dass die Verbreiterung der Linie $H\beta$ bei zunehmendem Drucke des Wasserstoffs gleichmässig von der Mitte nach beiden Seiten stattfindet, so dass also die ursprüngliche Linie $H\beta$ unverändert in der Mitte liegen bleibt. Auch beim Sirius muss die Linie sich gleichmässig verbreitert haben, aber die Mitte ist gegen Roth verschoben, es muss sich also Sirius von der Erde weg

*) Phil. Trans. 1868, p. 529.
**) Proc. Roy. Soc. XVII, 288, 453. XVIII, 79.

Digitized by Google

bewegen. Nach Messung von Huggins betrug zur Zeit der Beobachtung die Verminderung der Brechbarkeit des Siriuslichtes an der Stelle $H\beta$ oder F 0,109 Milliontel Millimeter. Beträgt nun die Geschwindigkeit des Lichtes 283,000 Kilometer in der Secunde, und ist die Wellenlänge für $F = 486{,}52$ Milliontel Millimeter, so ergibt sich aus der Verschiebung von F ein Entfernen des Sirius von der Erde, welches mit einer Geschwindigkeit von $\frac{283{,}000 \,.\, 0{,}109}{486{,}52} = 63{,}4$ Kilometer in der Secunde stattfindet.

Doch ist diese Bewegung eine combinirte, denn während der Sirius sich entfernt, kann die Erde sich auf ihn zu oder von ihm weg bewegen. Zur Zeit, als Huggins seine Beobachtungen anstellte, bewegte sich die Erde mit einer Geschwindigkeit von 18,3 Kilometern in der Secunde vom Sirius weg, daher bleibt für die eigenthümliche Siriusbewegung noch 45 Kilometer Geschwindigkeit in der Secunde (vgl. S. 140 bis 142).

Secchi*) untersuchte in ähnlicher Weise einen grossen Theil der Sterne bis zu dritter Grösse abwärts und kam nach häufiger Wiederholung seiner Vergleichungen zu dem Schlusse, dass bei den Sternen vom Typus des Sirius keine messbare Verschiebung der Linie F wahrnehmbar ist. Bei Sternen anderer Typen, z. B. α Orionis, benutzte er andere Linien und besonders die Magnesiumlinie b, die sehr scharf ist; die bis dahin untersuchten Sterne gehörten den Bildern des grossen und kleinen Hundes, des Orion, Löwen, Dreieck, dem Bären, dem Fuhrmanne und der Cassiopeia an; aber auch hier waren die Ergebnisse negativ. Er schliesst daraus, dass bei keinem der untersuchten Sterne die Eigenbewegung 5- bis 6 mal grösser sei als die der Erde.

Bei diesen abweichenden Ergebnissen in den Untersuchungen der zwei geübtesten und sorgfältigsten Beobachter, bleibt es zweifelhaft, ob jetzt schon die Frage nach der Eigenbewegung der Fixsterne gelöst ist oder selbst gelöst werden kann. Die Unsicherheit in den Resultaten wird wesentlich bedingt durch die starke Lichtschwächung, in zahlreichen Prismen, sowie durch die Schwierigkeit, die Coincidenz der hellen Linien irdischer Lichtquellen mit den analogen dunkeln Absorptionslinien der Sternspectren genau zu vergleichen.

Auch bei Huggins waren die Ergebnisse analoger Untersuchungen bei Procyon, Castor, Beteigeuze, Aldebaran und einigen anderen Sternen so unsicher, dass er sie nicht veröffentlichte, um sie nochmals unter, freilich in England sehr seltenen, günstigeren Bedingungen zu wiederholen.

Bei α Lyrae wies Secchi nach, dass die vier schwarzen Linien mit überraschender Genauigkeit zusammenfallen mit den Wasserstofflinien, und dass selbst die brechbarste Linie im Violett sich im Wasserstoffspectrum findet, also überhaupt nicht gezweifelt werden kann, nicht nur dass

*) Compt. rend. 1868, Mrg. 2, 1869, p. 360.

Digitized by Google

Wasserstoff die absorbirende Atmosphäre dieses Sterns ausmacht, sondern auch, dass α Lyrae keine Eigenbewegung hat, die mit der Geschwindigkeit des Lichts verglichen werden könnte.

Sehr beachtenswerth aber sind die Versuche von Huggins: zu ermitteln, ob sich eine Bewegung der Nebelflecken durch eine Aenderung der Brechbarkeit ihrer Strahlen nachweisen liesse. Huggins*) konnte mit seinem Apparate, der eine Verschiedenheit von 0,0460 Milliontel Millimeter in der Wellenlänge erkennen liess, keine Verschiebung der hellen Stickstofflinie nachweisen und berechnete daraus, dass, wenn die fragliche Linie wirklich von Stickstoff herrührt, sich der Nebel nicht mit einer Geschwindigkeit von 15 Kilometern in der Secunde von der Erde entfernen kann. Hätte der Nebel zur Zeit der Beobachtung eine so starke Rückwärtsbewegung gehabt und sie wäre zur Bewegung der Erde addirt worden, so hätte eine bemerkbare Abweichung von der Coincidenz der beiden Linien stattfinden müssen. Hätte aber der Nebel eine Bewegung gegen unsere Erde hin mit einer Geschwindigkeit von 38 Kilometern in der Secunde, so würde sie maskirt durch die entgegengesetzte Bewegung der Erde und wäre so wieder nicht wahrnehmbar durch eine Nichtcoincidenz der zwei Linien.

Inzwischen haben die neuesten Untersuchungen von J. J. Müller über den Einfluss der Intensität des Lichtes auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit desselben, gelehrt, dass man nur dann aus der Verschiebung der Spectrallinien mit Sicherheit auf die Bewegung der Lichtquelle schliessen darf, wenn die Richtung und Geschwindigkeit dieser Bewegung sich übereinstimmend aus der Verschiebung mehrerer Linien ergibt. (Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig, 1871, I.)

Jedenfalls ist nur eine Verschiebung der astronomischen, nicht aber der tellurischen Linien im Spectrum möglich. Wenn nun mit Zöllner's neuem Reversionsspectroskop**) jede Verschiebung absolut genau erkannt und gemessen werden kann, so werden damit nicht nur die tellurischen von den astronomischen Spectrallinien genau unterscheidbar, sondern auch durch dieses Instrument die Untersuchungen der Eigenbewegungen der Sterne in ein neues Stadium treten.

Die Resultate der spectroskopischen Untersuchungen des Fixsternhimmels lassen sich demnach in die folgenden wenigen Sätze zusammenfassen:

1. Nicht der lichtabsorbirenden Erdatmosphäre ist die Verschiedenheit der Sternspectren zuzuschreiben.

2. Die meisten Fixsterne haben, ihrer physikalischen Natur nach, sehr grosse Aehnlichkeit mit der Sonne. Das Licht geht von einem glühenden Kerne aus und wird zum Theil durch eine Atmosphäre absorbirt.

---

*) Phil. Trans. 1868, p. 529.
**) Pogg. Ann. 1869, H. 9. p. 32.

Digitized by Google

3. Die Fixsterne und die verwandten Himmelskörper zeigen stoffliche Gemeinsamkeit mit Sonne und Erde.

4. Die Verschiedenheiten bei den Fixsternen sind verhältnissmässig so gering, dass alle in vier verschiedene Gruppen (Typen) eingetheilt werden können. Die Ursache der Verschiedenheit ist wesentlich in den Bestandtheilen und der physikalischen Constitution ihrer Atmosphären zu suchen.

5. Die wirklichen Nebelflecke bestehen aus einem glühenden Gasgemenge; sehr ähnlich ist das Material vieler Kometenkerne, aber nicht der Kometenschweife.

6. Vielfach finden sich in derselben Gegend des Himmels Sterne, welche ein gleiches spectroskopisches Verhalten zeigen, also auch materiell verwandt sein müssen.

7. Die Farbe der Fixsterne wird bedingt durch die lichtabsorbirende Kraft ihrer Atmosphäre, welche wieder von deren chemischer Constitution abhängig ist.

8. Auf den meisten Himmelskörpern ist dem Wasserstoffe eine Hauptrolle zugewiesen; aber nur in sehr seltenen Fällen ist er selbstleuchtend.

9. Der Wechsel in der Lichtstärke der meisten Veränderlichen ist begleitet von Veränderungen in den Absorptionslinien ihrer Spectren.

10. In sehr seltenen Fällen können rasch eintretende und wieder endende, sehr heftige physikalische und chemische Veränderungen auf einem Sterne von zeitweisem Einflusse auf dessen Lichtemission sein.

11. Nicht alle leuchtenden Punkte des Sternhimmels können als wirkliche Sterne angesehen werden.

12. Die Eigenbewegung der Fixsterne ist spectroskopisch noch unentschieden.

Digitized by Google

Berichtigungen und Zusätze.

Seite 6 Zeile 18 von oben lies: Hell statt Hall.
„ 49 „ 13 von unten lies: Beurtheilungen statt Beurtheilung.
„ 54 „ 6 von oben lies: 7·8 statt 7.,8.
„ 152. Eine neue und sehr zuverlässige Bestimmung der Parallaxe von α Lyrae hat Brünnow in Dublin mittels des prächtigen, 12 zölligen Refractors von Cauchoix geliefert (Astron. Observations and Researches made at Dunsink, First Part. Dublin 1870). Die Beobachtungen umfassen die Zeit von 1868, Juni 13. bis 1869, August 27. und beziehen sich auf die Messung von Distanzen und Positionswinkeln, gegen den, schon von den beiden Struve bei der gleichen Untersuchung benutzten, Begleiter 9. Gr. in 47″ Distanz. Als Endresultat der in ausgezeichnetem Grade übereinstimmenden Messungen ergibt sich aus den Distanzen und Positionswinkeln:

$$\pi = 0'',2061, \text{ wahrsch. Fehler } \pm\ 0'',0084,$$

also die Entfernung 1000800 Erdbahnradien.

Wenn man vorstehenden Werth der Parallaxe mit den älteren Bestimmungen zu einem Mittel vereinigt, so würde sich die Parallaxe:

$$\pi = 0'',180 \pm 0'',007$$

finden, entsprechend einer Distanz von 1146000 Erdbahnhalbmessern. — Auch über den Stern 5. Gr. 61 σ Draconis, dessen jährliche Eigenbewegung 1″,87 beträgt, hat Prof. Brünnow Beobachtungen zur Ermittelung der Parallaxe angestellt. Es fand sich als erste Näherung:

$$\pi = 0'',2250 \pm 0'',0279,$$

also die Entfernung 916750 Radien der Erdbahn.

Doch ist die Untersuchung noch keineswegs abgeschlossen, sondern wird von Brünnow behufs definitiver Bestimmung der Parallaxe dieses Sternes fortgesetzt.

Digitized by Google

Seite 166 Zeile 6 von unten lies: 415,11 Jahre statt 280,6 Jahre.
„ 206 „ 12 von unten lies: Nr. 1528 statt Nr. 1523.
„ 352. Unlängst hat Le Sueur mit dem Spectroskope des grossen Spiegelteleskops zu Melbourne, im Spectrum von η Argus helle Linien erkannt, von denen eine wahrscheinlich mit C, die andere mit F und die dritte mit der grünen Stickstofflinie zusammenfällt, während eine gelbe Linie nahe bei D liegt, aber noch schärfer bestimmt werden muss. Die Gegenwart von Wasserstoff kann also kaum bezweifelt werden, während das Vorkommen von Stickstoff, Magnesium und Natrium wenigstens wahrscheinlich ist. Während das Teleskop den Stern unmittelbar von dichtem Nebel umhüllt zeigt, zeigte das Spectroskop erst in einiger Entfernung die helle Nebellinie.

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIV. OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Digitized by Google

YC 22145

475451

QB501
K5

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

Digitized by Google

YC 22145

Digitized by Google